

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

**Кваліфікаційна робота
магістра**

на тему: ІНДИКАЦІЯ СТАНУ УРБОСИСТЕМ М. ЗАПОРІЖЖЯ
НА ПРИЛАДІ *PINUS SYLVESTRIS*

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1012

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми Екологія та охорона навколишнього
середовища

Іваненко Максим Костянтинович

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., проф.

О.Ф. Рильський

«31» січня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Іваненку Максиму Костянтиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Індикація стану урбоекосистем м.Запоріжжя на прикладі
Pinus sylvestris

керівник роботи Притула Наталія Михайлівна, доцент, к.с.г.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЗНУ від «01» травня 2023 р. № 644-с

2. Строк подання студентом роботи «__» _____ 20__ року

3. Вихідні дані до роботи: постановка задачі, перелік літератури

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Основні теоретичні відомості.
2. Матеріали та методи дослідження.
3. Експериментальна частина.
4. Висновки.
5. Рекомендації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 7 таблиць, 14 рисунків

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 (-ка) _____

М.К. Іваненко

Керівник роботи _____

Н.М. Притула

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____

Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

У роботі 61 сторінки, 7 таблиць, 14 рисунків, було використано 60 літературних джерел, із них 24 іноземною мовою.

Об'єктом дослідження є процес ідентифікації змін стану атмосферного повітря міста Запоріжжя за допомогою *Pinus sylvestris* L.

Предметом дослідження є соснові дерева *Pinus sylvestris* L.

Методи досліджень експеримент, наукове дослідження, вимірювання; порівняльний та статистичний методи, а також теорії та гіпотези.

Метою кваліфікаційної роботи є: вивчення стану атмосферного повітря міста Запоріжжя за допомогою сосни звичайної *Pinus sylvestris* L.

Теоретично та експериментально визначено: біоіндикація стану атмосферного повітря за допомогою сосни звичайної *Pinus sylvestris* L. Є доцільною з точки зору виявлення наявності низки забруднюючих речовин. Не зважаючи на вихід показнику F-критерію за меді критичного сосна звичайна виявила стійкість до навантаження промисловості, що було визначено підтвердженням нульових гіпотез через високий рівень їх вірогідності. Стан атмосферного повітря у м. Запоріжжя варіюється від умовно чистого до небезпечно брудного відповідно до кожного району дослідження. Вплив підприємств може змінювати кислотність кіркових тканин *Pinus sylvestris* L.

Зважаючи на стійкість сосни звичайної – є доцільним рекомендувати росину в якості організму для програми озеленення міста [60].

СОСНА ЗВИЧАЙНА, КОМПЛЕКС, БІОІНДИКАЦІЯ, КИСЛОТНІСТЬ, КОРА, ХВОЯ, ПОШКОДЖЕННЯ, ШИШКИ, СТАН, АТМОСФЕРА, ПОВІТРЯ

ABSTRACT

The work has 61 pages, 7 tables, 14 figures, 60 literary sources were used, 24 of them in a foreign language.

The object of the study is the process of identifying changes in the state of atmospheric air in the city of Zaporizhzhia using *Pinus sylvestris* L.

The subject of the research is pine trees *Pinus sylvestris* L.

Research methods experiment, scientific research, measurement; comparative and statistical methods, as well as theories and hypotheses.

The purpose of the competition work is to study the state of the atmospheric air in the city of Zaporozhye using the common pine *Pinus sylvestris* L.

Theoretically and experimentally determined: bioindication of the state of the atmospheric air using the common pine *Pinus sylvestris* L. is appropriate from the point of view of detecting the presence of a number of pollutants. Regardless of the output of the F-criterion indicator for critical copper, Scots pine showed resistance to the industrial load, which was determined by the confirmation of null hypotheses due to their high level of probability. The state of atmospheric air in the city of Zaporozhye varies from conditionally clean to dangerously dirty according to each study area. The influence of enterprises can change the acidity of bark tissues of *Pinus sylvestris* L.

Taking into account the stability of Scots pine, it is reasonable to recommend dewberry as an organism for the city's greening program.

PINE, COMPLEX, BIOINDICATION, ACIDITY, BARK, PINES, DAMAGE, CONES, CONDITION, ATMOSPHERE, AIR

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	4
ВСТУП.....	5
1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1 Проблема зелених насаджень міста Запоріжжя	8
1.2 Аерополітанти та їх вплив на зелені насадження урбоекосистеми.....	11
1.3 Адаптивний потенціал фітоценозу на прикладі <i>Pinus Sylvestris</i> L.....	15
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ	19
2.1 Методика відбору проб кори.....	19
2.2 Методика біоіндикації за морфометричними показниками хвої	21
2.3 Методика біоіндикації за морфометричними показниками шишок	24
2.4 Обробка та аналіз даних.....	24
2.5 Об'єкт дослідження	25
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	28
3.1 Результати біоіндикації за кислотністю тканин кори.....	28
3.2 Результати біоіндикації за морфометричними показниками хвої.....	31
3.3 Результати біоіндикації за морфометричними показниками шишок	32
3.4 Аналіз кореляції Спірмена.....	34
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	36
4.1 Техніка безпеки під час польових досліджень.....	36
4.2 Техніка безпеки роботи в лабораторії РННЦ «Екологія».....	38
4.3 Охорона праці при роботі з комп'ютером та периферійними пристроями.....	41
4.4 Рекомендації щодо удосконалення вимог до охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в умовах воєнного стану	46
ВИСНОВКИ.....	47
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	52
ДОДАТКИ.....	60

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПК – персональний комп'ютер.

БЖД – безпека життєдіяльності.

GPS – «Global Positioning System»

ГДК – гранично допустима концентрація.

pH – це міра кислотності або лужності розчину, яка визначається на основі концентрації іонів водню (H^+) у даному розчині.

чек-лист – це перелік завдань, об'єктів або дій, які потрібно виконати, перевірити або врахувати в певній послідовності або на підставі певних критеріїв.

P. – Pinus

L. –Linnaeus.

ПрАТ – приватне акціонерне товариство.

ПАТ – публічне акціонерне товариство.

ВП – виробниче підприємство.

ТЕС – теплова електростанція

АТ – акціонерне товариство.

ДТЕК – Донецький енергетичний комбінат

ДП – державне підприємство.

ВАТ – відкрите акціонерне товариство.

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю.

ПП – приватне підприємство.

РННЦ «Екологія» – регіональний навчально-науковий центр «Екологія».

м² – метр квадратний.

км² – кілометр квадратний.

мг – міліграм.

Гц – герц

ЕПР – ендоплазматичний ретикулум

ВСТУП

Актуальність дослідження кваліфікаційної роботи полягає в тому, що сосни виступають індикаторами низки видів полютантів, а через це використовуються як моніторів стану навколишнього середовища. Хвойні рослини дають змогу проводити біоіндикаційні дослідження на різноманітних ділянках і інформувати про стан довкілля урбосистем різного рівня та типів протягом усього року.

Згідно з літературними даними, кора дерева багата мінералами та поживними речовинами. Бідна кора, як правило, має низький рН, а, навпаки, багата – високий рН [26]. Такі рослини як сосна, ялина, береза, вільха і дуб мають кислу кору (рН = 3,1-3,4). Субнейтральна кора з рН 4,7-7,1 зустрічається у в'яза, клена, ясена, тополі та осиці. Характеристики одного і того ж виду кори можуть відрізнятися в залежності від загального біохімічного фону. Кислотне забруднення викликає кислотність кори. Лужне забруднення, яке включає частки вапняного пилу, золи – підвищує рН кори [46].

Вченими встановлено, що техногенне забруднення призводить до погіршення морфометричних властивостей хвойних порід: зменшення віку хвої, маси хвої, візуальні симптоми втрати хвої старше двох років, зниження річного приросту гілок, зміни структури крони, її форми і розміру.

Рівень техногенних навантажень також можна визначити за розміром шишки. Адже під впливом забруднення кількість шишок на деревах та їх розміри зменшуються.

Вважається, що соснові ліси є найбільш чутливими до забруднення повітря. Сосна звичайна (*P. sylvestris* L.) широко використовується як індикатор завдяки її високим біоіндикаційним властивостям [58].

Метою кваліфікаційної роботи є теоретичне та практичне дослідження стану атмосферного повітря міста Запоріжжя за використання сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.).

Для досягнення поставленої мети було сформовано та виконано такі завдання:

- 1) визначити проблематику зелених насаджень міста Запоріжжя;
- 2) проаналізувати вплив аерополітантів на рослинність;
- 3) провести комплексне біоіндикаційне дослідження стану атмосферного повітря з використанням *Pinus sylvestris* L.

Об'єктом дослідження є процес ідентифікації змін стану атмосферного повітря міста Запоріжжя за допомогою *Pinus sylvestris* L.

Предметом дослідження були обрані соснові дерева *Pinus sylvestris* L.

Методи дослідження: експериментальний дослідницький, вимірювальний; порівняльний та статистичний методи, а також теорії та гіпотези.

Наукова новизна полягає в тому, що біоіндикація стану атмосферного повітря міста Запоріжжя за допомогою комплексу морфометричних та параметричних ознак *Pinus sylvestris* L. не проводилася. Використання комплексу показників дозволяє отримати більш повну картину стану атмосферного повітря, оскільки різні частини дерева можуть реагувати на різні забруднюючі речовини по різному.

Значення результатів наукового дослідження полягає в отриманні даних, які можуть бути використані для оцінки техногенного навантаження на урбосистеми, аналізу мозаїчності забруднення аерополітантами, розробки програми покращення екологічної ситуації в містах, плануванні природоохоронних заходів, спрямованих на оптимізацію навколишнього природного середовища та розробки рекомендацій по озелененню селітебних та промислових зон урбоекосистем.

Основні положення та результати дослідження доповідалися й обговорювалися на:

- 1) Іваненко М.К., Притула Н.М. Дендроіндикація урбосистеми Запоріжжя. Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми

управління економічним потенціалом регіонів» 28 березня 2023 року. Запоріжжя : ЗНУ. С. 36-37.

2) Іваненко М.К., Притула Н.М. Дендроіндикація урбосистеми Запоріжжя. Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми управління економічним потенціалом регіонів» 28 жовтня 2021 року. Запоріжжя : ЗНУ. С. 15-17.

3) Іваненко М. К. Про обґрунтування доцільності використання біоіндикаційної оцінки стану атмосферного повітря за допомогою комплексу показників *Pinus sylvestris*. Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023»: у 5 т. / Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. Т.3. С 236-237.

1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Проблема зелених насаджень міста Запоріжжя

Запорізька область – це один з найбільш техногенно навантажених регіонів, що є наслідком сконцентрованості підприємств металургійної, машинобудівної, енергетичної та хімічної промисловості. Центрованість виробництв поміж житлових забудов обумовлює високий рівень вплив на середовище урбоценозів. Загазованість районів спричинена розташуванням промисловості з навітряної сторони міста [33].

Основними забруднювачами атмосфери в регіоні – підприємства кольорової і чорної металургії, хімії, машинобудування, теплоенергетики, що спричинюють близько 90 % викидів забруднюючих речовин по області.

Зміни викидів забруднюючих речовин у повітря свідчать про те, що найбільший вплив на довкілля створюють стаціонарні джерела забруднення, такі як ПрАТ "Дніпроспецсталь", ВП "Запорізька ТЕС" АТ "ДТЕК ДНПРОЕНЕРГО", ПрАТ "Український графіт", ПрАТ "Запоріжвогнетрив", ПАТ "Запоріжсталь" та інші, які відповідають за приблизно 60-70% викидів у регіоні.

Місто Запоріжжя розташоване на південно-східній частині лісоаккумуляційної рівнини та розвивається на території кристалічного масиву України.

Останніми роками кількість автотранспорту різко збільшилася, що стало однією з причин постійного викиду газів, аерозолів та твердих частинок в атмосферу, а також спричинило постійно високий рівень шуму.

Кліматичні умови міста характеризуються недостатнім вологістю повітря та ґрунту, а також несприятливими погодніми явищами, такими як пилові бурі та температурна інверсія. Територія міста відноситься до району з підвищеним природним потенціалом для забруднення повітря та негативних умов для викидів в атмосферу.

Однією з основних задач є збільшення кількості дерев і чагарників, які володіють очищувальними та антибактеріальними властивостями, здатні знизити рівень шуму, регулювати розповсюдження вітрового пилу та повітряний потік, та створити комфортні умови для праці, проживання та відпочинку.

При аналізі розподілу паркових зон за адміністративними районами видно, що найбільше парків розташовано в Дніпровському та Вознесенівському районах (по 7 парків), а найбільше скверів - в Олександрівському та Вознесенівському районах (18 та 16 відповідно). З точки зору загальної площі, виділеної для паркових зон, ці райони є лідерами. З іншого боку, Шевченківський, Комунарський та Хортицький райони мають менше парків та скверів.

Нерівномірний розподіл зелених насаджень, включаючи паркові зони, пояснюється тим, що більше парків та скверів знаходиться в історичних центрах міста (Олександрівський, Дніпровський та Вознесенівський), де обмежена можливість будівництва високих споруд. У нових спальних районах (Шевченківський, Комунарський, Хортицький) паркові зони, крім рекреаційних функцій, виконують структурно-планувальні завдання. Промислова територія міста характеризується великим техногенним навантаженням, оскільки на її території розташовані майже всі великі промислові підприємства. Тому більша частина зелені в цих районах функціонує як санітарно-захисна зона, а парки та сквери в основному відіграють санітарно-гігієнічну роль.

Важливим показником для оцінки рівня забезпеченості міста зеленими насадженнями є норма озеленення - площа зелених зон загального користування на одну особу.

Згідно з даними Департаменту житлово-комунального господарства міської ради (на 2015 рік), площа зелених насаджень на одну особу становить 21,2 м², що перевищує норматив на 14,4 м² на людину, з урахуванням впливу кліматичних умов та промислових підприємств I та II категорії небезпеки [53].

Такі показники пояснюються великою озелененістю о. Хортиця, що неподалік міста. Для житлових масивів, з огляду на ті ж умови, що й у місті,

норма озеленення становить 8,4 м². Порівняння його значення в різних адміністративних районах Запоріжжя показує, що в Заводському, Олександрівському та Вознесенівському воно найбільше, навіть перевищує норму. Найнижчі значення в Комунарському та Шевченківському районах.

Слід зазначити, що ця різниця в показниках благоустрою регіонів пояснюється не лише різними зеленими насадженнями. Кількість людей, які проживають у спальних районах, вдвічі, а іноді й утричі перевищує кількість мешканців центральних і промислових районів, де великі площі відведені під нежитлові будинки та споруди (фабрики, офісні будівлі, магазини, школи), лікувально-оздоровчі комплекси. об'єкти тощо).

Озеленення міста поділяється на:

- громадські зелені насадження (розташовуються в парках, скверах, бульварах, лісопарках та інших зонах для відпочинку);
- зелені насадження обмеженого використання (насадження в громадських і житлових будинках, школах, дитячих закладах, вищих і середніх навчальних закладах, медичних установах, промислових підприємствах і складських площах, санаторіях, закладах культури, освіти та спорту та оздоровлення тощо);
- зелені насадження спеціального призначення (вуличні насадження, насадження в санітарно-технічних заповідниках навколо промислових підприємств, насадження на кладовищах, водоохороні, вітрозахисні, ерозійні насадження, насадження лісосмуг) [52, 53].

Враховуючи складні умови проживання (газ, задимлення, запилення), рекомендованими вуличними насадженнями міста Запоріжжя є дерева та кущі з високою ефективністю фітомеліорації [54, 55].

Умови міського середовища значно впливають на озеленення через поєднання негативних факторів: забруднення повітря, недостатнє зволоження, обмежене вилучення поживних речовин рослинами та недостатню аерацію ґрунту, що важко сприяє росту зелених рослин. [14, 16]. Негативні фактори впливають на фенологічний ритм та довговічність дерев, призводячи до їхньої передчасної загибелі.

1.2 Аерополітанти та їх вплив на зелені насадження урбоєкосистеми

Висока концентрація підприємств різних галузей промисловості, що зосереджені у промисловій зоні міста, а також розвинена транспортна інфраструктура промислових територій є причиною підвищення рівня забруднення довкілля. Це є характерною ознакою багатьох промислових центрів України. Запоріжжя не є винятком.

Одним з достатньо ефективних засобів покращення середовища міст, як за результатами, строками виконання, так і за вартістю є озеленення. Проте існуючий досвід створення зелених насаджень у місті мало враховує специфічність екологічних умов різних районів міста і рівень техногенного забруднення. Водночас питання стану деревних насаджень, їх стійкості до впливу міського середовища є недостатньо вивченими [18]. Моніторинг зелених насаджень в умовах міста з урахуванням принципу екологічного районування території має стати визначним критерієм при відборі видів для створення системи зелених насаджень, яка буде ефективно функціонувати. Це дозволить організувати диференційну систему заходів з догляду за деревними та чагарниковими рослинами міста [59].

Високий рівень техногенного навантаження в місті передбачає розробку та застосування об'єктивних методів контролю забруднення для визначення рівня поточного стану та встановлення тенденцій розвитку ситуації у майбутньому. Ці аспекти важливі для екологічно збалансованого розвитку міста – розвиток та розширення житлових мікрорайонів, будівництво та реконструкція промислових підприємств [51].

Дослідженнями впливу природних і техногенних факторів на стан рослинності займалися: Павленко А. П. [1], Дебринюк І., Миклуш Я. [5], Коваль І. М. [11, 12], Воронін В. О. [12], Мешкова В., Бобров І. [15], Роситська Н. В. [17], Шевчук С. Ю. [19], Склярено А. В. [22, 55], Баранов В. [23], Андрєєва В. В. [25], Барабаш О. В. [26], Белей Л. М. [28], Бичков С. А. [29],

Криницький Х.[30], Божок О. П. [31], Бондар Ю. О. [32], Бойко Х. [35], Груник Н. І. [36], Гут Р. Т. [37, 38], Дзиба А. А., Попович С. Ю. [39], Єфремова А. [40], Жицька Л. І. [41], Зелена Л. Б. [43], Лук'яненко Н. С. [47], Мороз В. В., Стасюк Н. М. [49], Никитюк П. А. [50], Пашевич Н. А. [51], Бессонова В. П. [55], Тимчій А. О, Вагалюк Л. В. [59].

Рослинність придорожніх смуг схильна до негативного впливу автомобільного транспорту, що є причиною надходження сполук свинцю, інших важких металів [2 - 4]. Та повстає гостре питання свинцевого забруднення ґрунтів придорожніх смуг. Водночас все більш гостро повстає проблема забруднення нафтопродуктами, бензпіреном, сполуками цинку і деяких інших важких металів.

Екологічні дослідження неподалік автомагістралей, свідчать про підвищення вмісту цинку як характерне явище, що в силу своєї екологічної небезпеки потребує пильного контролю та ретельного вивчення.

Цинк надходить у придорожній простір в результаті стирання різних деталей, ерозії оцинкованих поверхонь, зносу шин, внаслідок використання в оліях присадок, що містять цей метал. Так, у якості антиокислювальних присадок до моторних мастил застосовують диарилдитіофосфати цинку. Для запобігання корозійно-механічного зношування і модифікування поверхонь важко навантажених деталей до мастил додають дитіофосфати цинку, що допомагають уникнути корозії.

В результаті цих процесів уздовж автомобільних доріг формуються геохімічні аномалії цинку. Цинк має більш рухомі форми в ґрунті та атмосфері у порівнянні зі свинцем і легше мігрує у гідросферу та поглинається флорою. Зокрема, період напіввиведення цинку з ґрунтів становить 70 - 510 років, коли для свинцю 740 - 5800 років. У зв'язку з цим можна вбачати підвищення рівня цинку не лише в ґрунті, але й в придорожніх водотоках та водоймах.

Одним з найнебезпечніших важких металів є – кадмій. Донедавна цей метал надходив у ґрунт під час зношення шини. Задля прискорення процесу

вулканізації кадмій додавали до гуми. Нині використання кадмію у виробництві гуми для шин під заборною, і це позитивно відображається на якості ґрунтів.

Нафтопродукти, що є композицією різноманітних вуглеводнів – повсякденний і повсюдний забруднювач придорожніх смуг. Попри найпоширеніше те, що забруднення ними наймасштабніше та найпоширеніше, відсутні задовільні методики, що забезпечують прогнозні оцінки ґрунтового забруднення. Справжній вміст нафтопродуктів у придорожніх ґрунтах, як показують численні дослідження, зазвичай істотно більше, ніж дають зазначені критерії.

Серед складників, характеризуючих навантаження на довкілля вуглеводнями, особливі позиції посідає бензпірен, що є канцерогеном. Гази автомобільних двигунів містять поліциклічні вуглеводні, складником яких є бензпірен. Крім відпрацьованих газів джерелом виділення бензапірену можуть бути складники гуми. Вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів у автомобільних шинах спричинений використанням під час виробництва гуми газової сажі, що надає гумі необхідні властивості по стійкості до стирання, міцності, жорсткості, твердості. У кождих 100 грамах зношених шин міститься до 1,3 мг бензпірену. Вважається, що зношеність асфальту та шин – головна причина підвищеного акумулювання бензпірену в ґрунтовому середовищі біля автомагістралей. Досить висока сконцентрованість (близько 20 ГДК) виявлена майже на всіх ділянках поблизу великих автомобільних шосе.

Відпрацьовані газы автомобільних двигунів містять близько 200 – 280 забрудників, серед яких: сполуки сірки, оксиди карбону, пил та осад сажі, вуглеводні, ацидовмісні альдегіди, оксиди нітрогену, свинцеві сполуки, сполуки цинку й кадмію, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) та ін.

Бензин, автомобільні мастила та шини вміщують Pb, Cd, Ni та Zn, що пояснює підвищений вміст цих елементів у пробах придорожньої рослинності. Автотранспортні викиди спричинюють близько 60% загального свинцю, що потрапляє до організму людини.

Отже, автотранспорт є джерелом великої кількості шкідливих речовин, які здатні впливати на здоров'я людини не лише прямо, а й опосередковано – через харчові продукти [54].

Розглянемо основні напрямки дії важких металів.

Свинець – зменшує інтенсивність фотосинтезу і гальмує реакцію Хілла.

Мідь – необхідний та фізіологічно важливий для рослин елемент, однак навіть незначне перевищення її оптимальних концентрацій у середовищі може набувати токсичної дії, причому токсичний вплив міді на рослини вищій, ніж вплив цинку – у десятки разів. Однак тематика резистентності рослинних організмів до підвищених концентрацій Купруму, особливості його потрапляння в рослини при високому вмісті в середовищі, вивчені недостатньо.

Знаходження Купруму в надлишкових дозах у довкіллі гостро лімітує темпи розвитку рослин й викликає карликовість. У деяких з них, наприклад у маку – пелюстки чорніють або стають блакитні.

Надлишок заліза у рослин викликає хлороз, що спричинений порушенням його руху по рослині.

Токсичні дози важких металів, руйнуючи захисні механізми, наприклад на межі корінь – стебло, порушують рух інших іонів. Надлишок іонів кадмію і цинку обмежують транспорт Феруму до надземної частини, не знижуючи поглинання із середовища. Магній у високих концентраціях не лише зупиняє транспортування речовини, але й поглинання цинку.

Під впливом екстремальних умов мінерального живлення – високих і низьких концентрацій мікроелементів спостерігаються зміни в мембранах рослин. Порушення мембранного апарата виявлені в організмах, що піддавалися дії високих ртутних доз. Доведено, що більшість викликаних аномалій мембранної системи протопластів – наслідок пересиченням молібденом. Високі концентрації бору приводять до деструкції мембран апарата Гольджи та ЕПР.

Відомо про важливість цинку у функціонуванні мембран. Досліди з ізольованими коренями ячменя підтвердили, що іони цинку та кальцію рівною мірою важливі при мембранному транспорті речовин [48].

Часто підкреслюється, що кальцій – це стабілізатор мембранного апарату в тканинах рослин. За нестачі кальцію спостерігалися накопичення везикул в цитоплазмі, руйнування тонопласта й плазмолемми та інші порушення ультраструктури.

1.3 Адаптивний потенціал фітоценозу на прикладі *Pinus Sylvestris* L.

За умов забруднення природного середовища ряд видів рослин виявляє підвищену стійкість. Адаптаційні процеси виникають на усіх рівнях організації живого – від цитогенетичного до екосистемного. Найважливішими механізмами є зміни популяційної структури виду, у яких більшої чисельності у популяції набувають особини, які мають найбільшу резистентність до дії конкретного токсичного чинника. Сильне пошкодження листя не завжди призводить до загибелі дерева. Завдяки регенераційній здатності рослини відновлюють нові органи замість пошкоджених [10, 20].

Пристосування рослин до екстремальних умов на різних рівнях біологічної організації здійснюється за певними закономірностями (чим вище рівень «клітина → організм → популяція», тим більше механізмів одночасно бере участь в адаптації організму до стресових впливів). На рівні організму механізми адаптації, властиві клітині, доповнюються новими, що відображають взаємодію органів рослини взагалі. Насамперед це конкуренція окремих органів за фізіологічно активні речовини та трофічні фактори. У процесі життєдіяльності біометричні параметри зазнають коливальних змін, що визначаються як внутрішніми, так і зовнішніми чинниками [13, 24]. Регулювальні гомеостатичні механізми забезпечують низьку частоту цих коливань. При впливах, що перевищують межі толерантної зони, у біосистемі розвивається комплекс фізіологічних та біохімічних змін. Комплекс змін, які виникають у живої

системи, відбиває її перехід зі стану, підтримуваного гомеостатичними механізмами, у новий квазістаціонарний стресовий стан [42].

Підвищена стійкість рослин до екстремальних умов визначається здатністю до перебудови фізіологічних процесів, проявом пристосувань, що розвинулися раніше для захисту від інших екстремальних факторів природного середовища. Оцінка впливу різних складових біотопу на хімізм та рівень метаболічних процесів особливо важлива з позицій пізнання механізмів, що забезпечують реалізацію адаптивних стратегій рослин.

Екологічна пластичність листового апарату, проявляється у зміні його компонентного складу та функціональної активності залежно від комплексу біотопічних умов (особливості світлового, гідротермічного, едафічного та інших режимів. Екзогенні умови мають визначальний вплив на фізіологічні та біохімічні аспекти росту і розвитку рослин. Унаслідок зазначених умов відбуваються адаптивні зміни, спрямовані на забезпечення оптимального функціонування організму. Наприклад, відзначається активізація ферментативних процесів, спрямованих на редукцію вмісту пероксидних сполук у хвої рослин. Цей процес досягається за рахунок підвищення активності ферментів, що керують утворенням діальдегіду, ключового компонента у процесі розщеплення пероксидів.

У клітинах асиміляційних органів спостерігається накопичення фенольних сполук, які виконують важливу захисну функцію під час пошкоджень рослин. Вони фіксують іони важких металів у стійкі комплекси, позбавляючи їх каталітичної дії, тим самим забезпечуючи захист клітин від негативного впливу зовнішніх чинників. Крім того, фенольні сполуки діють як акцептори вільних радикалів, що утворюються, і тим самим грають ключову роль у адаптації рослин до різних стресових умов. Зображення хвої сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на рисунку 1.1 демонструє комплексні зміни, які відбуваються на морфологічному рівні, що свідчать про адаптацію рослини до умов існування.



Рисунок 1.1 – Хвоя сосни звичайної

Усередині виду найбільш газостійкі дерева відрізняються великим вмістом вологи в листовому органі, знаходженням ізоелектричної точки в кислішій області рН, а також великим вмістом загального та білкового азоту в молодій хвої [6 - 8].

Неспецифічний характер реакції клітин тканин хвої сосни на накопичення в них токсичних речовин мобілізує резервні захисні можливості організму для загальної і швидкої відповіді на їх вплив [56]. Наприклад, для зменшення кількості пероксидних сполук та підтримки життєздатності в тканинах хвої сосни звичайної інтенсифікується процес розкладання перекисних сполук у клітині, про що свідчить підвищення активності каталази.

Існують зміни анатомічної структури хвої адаптивного характеру у *Pinus sylvestris* L. в умовах підвищеного техногенного навантаження:

- 1) відзначається збільшення кількості продихів, числа смоляних каналів та їх середньої та сумарної площі поперечних перерізів;
- 2) збільшення товщини кутикули, площі мезофілу та центрального циліндра, площі поверхні хвої та довжини хвої;
- 3) збільшення площі поперечного перерізу хвої.

Хвойні дерева відрізняються тим, що хвоя не опадає і тримається на пагоні кілька років (за винятком модрини).

Отже, в умовах техногенезу хвоя здатна накопичувати великі дози токсиканту, і якщо листопадні деревні рослини щорічно звільняються від певної кількості токсиканту, скидаючи листя, то хвойні позбавлені цієї переваги. Водночас шляхом багаторічної хвої (взимку шляхом механічного осадження твердих частинок) хвойні рослини здатні виконувати свої санітарно-захисні функції. Є наукові дані, що звичайна сосна в літній період здатна виділяти надлишок техногенної сірки з хвої, чим підвищує свою толерантність при виростанні в умовах загазованості діоксидом сірки [21]. Характеристики змін та взаємозалежності окремих параметрів на різних рівнях організації деревних рослин є ключовою ланкою у розкритті особливостей реалізації адаптивного потенціалу у *Pinus sylvestris* L.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

2.1 Методика відбору проб кори

Кора відбиралася з дерев *Pinus Sylvestris* з діаметром стовбура понад 30 см. Проби кори відбиралися з усіх боків ствола на висоті 1,5 метра від землі. Товщина кори, що збиралася не перевищувала 3 мм. Зразки поміщалися у паперові пакети. Відібрані проби очищалися від сторонніх домішок, таких як лишайники, мохи і т.д.

Перед проведенням аналізу кора висушувалася за кімнатної температури на повітрі, розтиралася лабораторним подрібнювачем до порошкоподібного стану кожна проба окремо [27].

З подрібнених проб готувався водний розчин з використанням дистильованої води. Для приготування розчину 1 грам подрібненої кори, що перед цим був зважений на лабораторних терезах, заливається 10 мл дистильованої води [58]. Періодично помішуючи, настоюємо розчин протягом 1-2 діб залежно від температури приміщення (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Підготування проб до аналізу

Після відстоювання за допомогою рН-метра EZODO MP-103 вимірювали кислотність розчину.

Порядок роботи з рН-метром EZODO MP-103 [44]

Підготовка.

1) Підключаємо електрод та температурний щуп до приладу. Знімаємо з електрода захисну кришку. Вмикаємо прилад.

2) Промиваємо електрод та температурний щуп чистою водою і повністю висушуємо.

Калібрування.

1) Занурюємо електрод та температурний щуп у буферний розчин рН 7,00. Помішуємо рідину електродом поки показники не стабілізуються. Проводимо калібрування.

2) Забезпечуючи належну підготовку приладів до вимірювань, процедура калібрування включає промивання електроду та температурного щупа чистою водою та їх подальше занурення у буферну рідину рН 4,00 (або рН 10,01); після досягнення стійкого значення на дисплеї, що відображає "End", прилад автоматично повертається у режим вимірювання, гарантуючи точність та достовірність отриманих результатів.

3) Після калібрування відхилення рН 4.00 або рН 10.01 дисплей відобразить відсоток відхилення, щоб показати стан електроду. Якщо відсоток нижче 70% або вище 130% електрод слід замінити. Ідеальний відсоток – 100%.

Вимірювання.

1) Після калібрування промиваємо електрод чистою водою та повністю висушуємо. Занурюємо електрод та температурний щуп у досліджувану рідину. Обережно помішуємо рідину електродом поки показники не стабілізуються (рисунок 2.2).

Важливість правильної підготовки рН метра визначається його роллю у точних та надійних вимірюваннях кислотно-лужного балансу різних розчинів.

Некоректно підготовлений рН метр може призвести до неточностей у вимірюваннях, що вплине на достовірність результату.

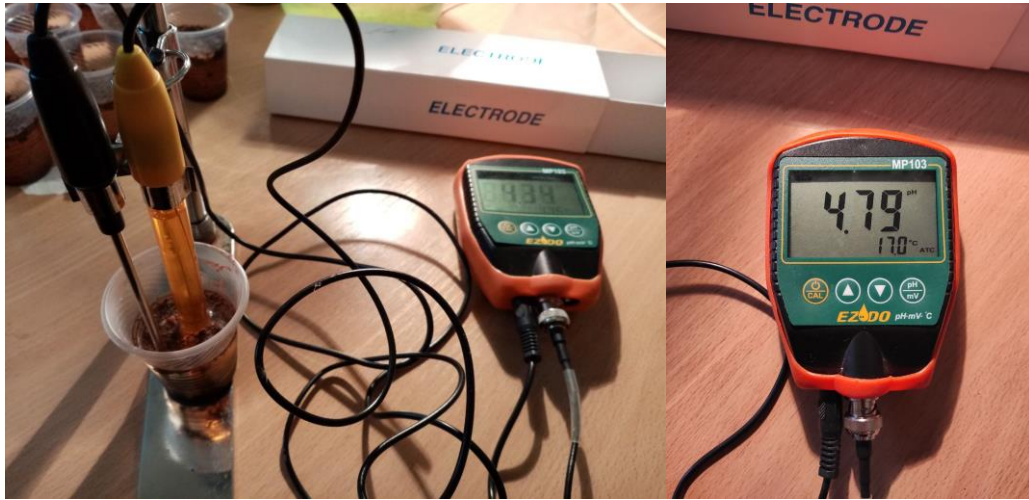


Рисунок 2.2 – Вимірювання показника кислотності у пробах

Вимірювання рН кори дерев дозволяє встановити зміни в комплексі гідроксил-трипероксидного алюмінію та оцінити забруднення повітря у певному регіоні. Це може бути корисним для прийняття рішень щодо збереження та охорони стану якості атмосферного повітря.

Використання рН метра є дуже важливим для контролю рівня рН у лабораторній практиці, де він є незамінним інструментом для визначення рівня кислотності та забезпечення високої точності та повторюваності результатів.

2.2 Методика біоіндикації за морфометричними показниками хвої

Біоіндикація за морфометричними показниками хвої ґрунтується на виявленні закономірних залежностей розвитку хвої та її пошкодження відповідно до ступеня техногенного навантаження на атмосферне повітря районів розвитку сосни звичайної.







Обиралися ділянки залежно від розташування промислового комплексу та геоекологічної ситуації за площею 10 м². Далі обиралися сосни *Pinus sylvestris* L. висотою близько 1,5 метрів та 15 бічними пагонами. У кожного дерева оглядаються минулорічні голки (на 2 мутовці; або на 4 мутовці бічного пагона,

якщо дерево велике). На кожній ділянці було відібрано по 10 хвоїнок з 10 дерев [27, 57].

Аналізуючи зібраний матеріал, умовно розподіляємо хвою на три групи (здорова, з ознаками всихання, з ознаками некрозу) і розраховуємо відсоток кожної групи для кожного дерева.

За ступенем морфометричних відхилень виділяють певні класи (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Класи пошкодження і всихання хвої

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

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

Класи всихання: 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.

Обов'язковою умовою є визначення максимального віку хвої в обраних біоіндикаторів. Вік визначається відповідно до рисунка 2.3.







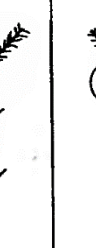
						
0,5 року	1 рік	1,5 року	2 роки	2,5 року	3 роки	4 роки

Рис. 2.3. Ділянка гілки, на якій проводять обстеження хвої для експрес-аналізу якості повітря

Після цього можна провести експрес оцінку стану атмосферного повітря за шкалою, що наведено нижче у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Класи пошкодження хвої

Максимальний вік хвої	Клас пошкодження хвої на пагонах другого року життя		
	4	I	I-III
3	I	II	III-IV
2	II	III	IV
2	–	IV	IV-V
1	–	IV	V-VI
1	–	–	VI

Примітка. I – повітря ідеально чисте; II – чисте; III – відносно чисте («норма»); IV – забруднене («тривога»); V – брудне («небезпечно»); VI – дуже брудне («шкідливо»); «–» – неможливе поєднання.

За шкалою робляться висновки, що характеризують стан досліджуваної території.

Використання хвої сосни для біоіндикації є ефективним інструментом для оцінки стану атмосферного повітря. Хвоя сосни може накопичувати багато різних речовин, включаючи токсичні метали та інші забруднювачі, що дозволяє виявляти зміни в рівні забруднення повітря у різних регіонах та різні періоди часу.

2.3 Методика біоіндикації за морфометричними показниками шишок

Територія дослідження, розмір ділянки та дерева обираються відповідно до методики біоіндикації за морфометричними показниками хвої.

На кожному дереві вимірюються розміри 5-6 шишок, а саме довжина та діаметр. Розміри шишки на сосні звичайній *Pinus sylvestris* L. можуть варіюватися від 3 до 7 см завдовжки. Саме за розміром шишок робиться висновок про розвиток дерева та вплив на нього атмосферного забруднення.

2.4 Обробка та аналіз даних

Для обробки даних використовувалися статистичні функції пакета аналізу табличного процесора Microsoft Excel. Головною з них була функція однофакторного дисперсійного аналізу, що і надала основні статистичні відомості щодо вибірки.

У діалоговому вікні аналітичного інструменту з переліку обираємо «Однофакторний дисперсійний аналіз». У полі «Вхідний інтервал» вводимо посилання на діапазон вибірки. Призначаємо групування за стовпцями і вказуємо параметр виведення результату. Розміри визначаються автоматично.

Нехай нульова гіпотеза – зовнішнє середовище не впливає на розвиток сосни звичайної. Тоді вплив факторів на сосну – це альтернативна гіпотеза.

За умов перевищення вірогідності показника альфа, що вказує на похибку – відхиляємо нульову гіпотезу, а альтернативну гіпотезу приймаємо за істину.

Важливим етапом обробки даних є кореляційний аналіз Спірмена між показниками, що надає можливість зрозуміти доречність використання оцінки стану природного середовища з використанням комплексної біоіндикації за

допомогою сосни звичайної. Показники переводилися у ранги функцією «РАНГ.СР», що характерно для кореляції Спірмена. Потім використовувалася стандартна функція пакета статистичного аналізу «кореляція».

2.5 Місця проведення дослідження

Комунарський район

Площа Комунарського району – 61 км². Складається з двох мікрорайонів – Космічного та Південного, і кількох тисяч будинків приватної забудови.

Площина території району перетинається чотирма магістральними вулицями – вул. Космічна, Набережна магістраль, проспект 40-річчя Перемоги, вул. М. Ласточкина. В межах району розташовані автовокзал та центральний залізничний вокзал «Запоріжжя 1».

Інфраструктура району налічує 20 базових підприємств міста, серед яких ДП «Радіоприлад», ПАТ «Запорізький автомобільний завод», ПАТ «Запорізький механічний завод», ВАТ «Запоріжприлад», ВАТ «Дослідно-експериментальний механічний завод», ТОВ «Запорізький завод гумово-технічних виробів», ПАТ «Завод агротехнічних машин» тощо.

Шевченківський район

Загальна площа Шевченківського району становить 98 км², що становить близько третини площі міста. У районі три мікрорайони з висотними будинками, кілька мікрорайонів з приватною забудовою, а також невеликі житлові масиви.

Шевченківський район має розвинену інфраструктуру. На його території діють стратегічні агенції економіки міста: ПАТ «МОТОР СІЧ», ДП «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» імені академіка О.Г. Івченка», ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат», ДП «Науково-виробничий комплекс «Іскра», виробничий підрозділ «Запорізький олійноекстракційний завод» та ін.

Міжнародний аеропорт «Запоріжжя» також розташований у Шевченківському районі.

Олександрівський район

Олександрівський район є найменшим з районів міста, його площа становить 11,2 км². Район складається з 63 вулиць, серед яких головна вулиця міста – проспект Соборний.

Олександрівський район має добре розвинену інфраструктуру: в районі є торгово-розважальні центри, банківські установи, ресторани та кафе. Основними установами міста є: ПрАТ «Запорізький електровозоремонтний завод», ТОВ «Запорізький асфальтобетонний завод», ТОВ «Виробничо-поліграфічне об'єднання «Запоріжжя», «ПрАТ» Фармацевтична фабрика «Віола», ЗКПМЕТ «Запоріжелектротранс», ПрАТ «Плутон» та ін.

Заводський район

Заводський район займає площу 56 км², охоплює 155 вулиць і понад 6,8 тисячі будинків. До складу району входить житловий масив вул. Скворцова, селища Запоріжжя-Ліве та Підпорожнє.

У Заводському районі зосереджена багато найбільших промислових підприємств міста, зокрема ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Запоріжжкокс», ПрАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПАТ «Запоріжвогнетрив».

Вознесенівський район

Загальна площа Вознесенівського району становить 50,8 км². Вознесенівський район – адміністративний, промисловий, торговий, культурно-рекреаційний центр Запоріжжя з розвиненою соціальною структурою.

Правий берег

Обрана ділянка «Правий берег» – це територія, що складається з двох районів (Дніпровського та Хортицького).

Дніпровський район займає площу 49,7 км², простягнувшись до 10 км уздовж правого берега р. Дніпро. Район об'єднує декілька утворених у різний час населених пунктів та мікрорайонів – Верхня Хортиця, Великий Луг, Правий

берег, Осипенківський та Бородінський мікрорайони, Соцмісто. До багатьох приватних будинків прибудовують високі будівлі. Район складається з понад 300 вулиць і провулків, серед яких кінцева частина проспекту Соборного, проспект Металургів, бульвар Вінтера.

На території Дніпровського району розташовані великі промислові підприємства: ПрАТ «Запорізький трансформатор», КТ «Запорізький завод високовольтної апаратури «Вакатов і компанія», ПрАТ «Завод «Перетворювач», ПАТ «Запорізький кабельний завод», Дніпровська ГЕС, Запорізький річковий порт.

Хортицький район є одним із найменших у Запоріжжі, займає площу 18,8 км². Східна межа району проходить по краю Старого Дніпра навпроти о. Хортиця.

На території району функціонує 13 промислових закладів, у тому числі: Запорізький машинобудівний завод ім. В. І. Омельченка АТ «Мотор Січ», ТОВ «Запорізький завод кольорових сплавів», ВП «Запорізьке спеціальне конструкторське бюро авіаційно-бортових систем», ПАТ «Запорізький завод надпотужних трансформаторів», ПП «ГРБ «Енергія», ТОВ «Запорізький домобудівельний комбінат», ТОВ «Сладко», ПАТ «Запорізький хлібозавод № 5», ПАТ «Запоріжполімертара», ПАТ «Карлсберг Україна».

О. Хортиця

Національний заповідник «Хортиця» – науково-дослідно-рекреаційно-освітній комплекс, що займається збереженням пам'яток історії, культури та природних ресурсів, вивченням, збереженням та популяризацією пам'яток, пов'язаних з історією Запорізького краю та Запорізької області.

Використання комплексної біоіндикації на основі *Pinus sylvestris* є ефективним методом для оцінки стану атмосферного повітря, що допомагає виявляти зміни в середовищі та їхні наслідки для біорізноманіття та здоров'я людей. Цей метод може використовуватися як один з інструментів для оцінки якості повітря.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Результати біоіндикації за кислотністю тканин кори

Точки дослідження, з яких були взяті зразки зображені на рисунку 3.1.

Кожна точка позначена номером (відповідно порядку відбору проб). Ділянки для дослідження обиралися з урахуванням рози вітрів та розташування джерела техногенного навантаження (промисловості та транспортної мережі).

Точка 1 – паркова зона Комунарівського району (сквер Гагаріна) – ділянка, що розташована на Південному Сході міста. Північніше знаходяться великі житлові масиви Шевченківського району.

Точка 2 – паркова зона Шевченківського району (парк ім. Климова) – ділянка, що знаходиться безпосередньо близько до промисловості.

Точка 3 – зелені насадження неподалік Запорізького національного університету – для ділянки характерне значне техногенне навантаження транспортних вухлів, а саме: рух автомобільного транспорту проспектом Соборним та межування з залізничними коліями.

Точка 4 – паркова зона Заводського району (парк ім. Віталі Сацького) – ділянка межує з кількома промисловими об'єктами міста, що зумовлює техногенне навантаження на зелені насадження.

Точка 5 – паркова зона Вознесенівського району (парк Трудової слави) – вплив на соснові насадження у цій точці досить сильний, адже тут поєднуються і навантаження автомобільного транспорту, і повітряні маси, що принесені вітрами із Заводського району.

Точка 6 – точка під назвою «Правий берег», що поєднує у собі соснові дерева і з Дніпровського, і з Хортицького районів, що знаходяться неподалік один від одного. Рішення об'єднати насадження в одну точку було прийнято ґрунтуючись на двох факторах:

- 1) Насадження знаходяться порівняно близько;
- 2) Дерев виду *Pinus sylvestris* L. небагато.

Точка 7 – соснові насадження на о.Хортиця – ділянка на Південному Заході від найближчої промисловості та Західніше від жвавого автомобільного руху Вознесенівського району.

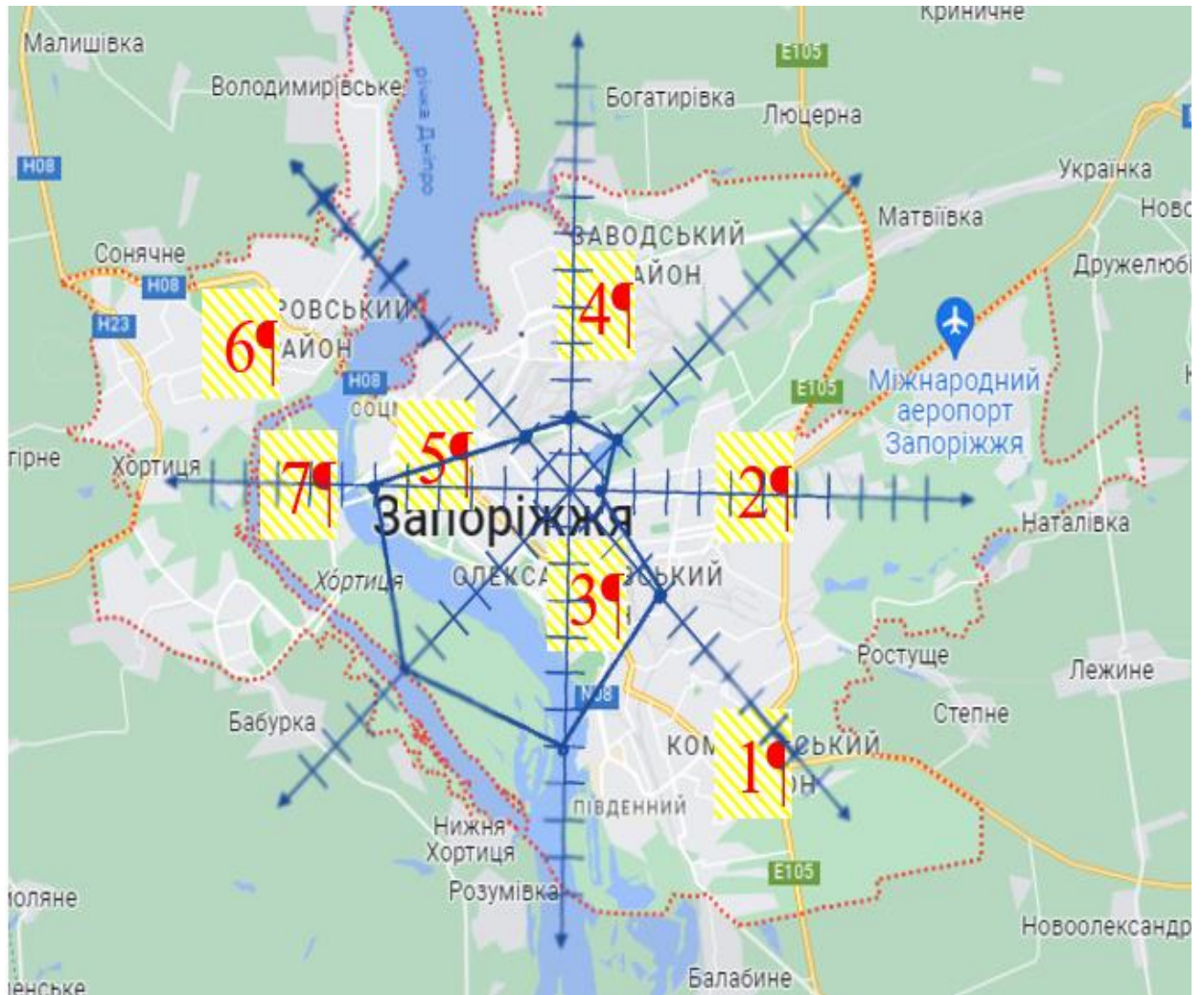


Рисунок 3.1 – Розташування ділянок дослідження з урахуванням рози вітрів

За результатами виміру перемелених проб кори отримали сім вибірок даних, що наведено у таблиці 3.1. Кожна колонка ототожнюється з окремою точкою (ділянкою) дослідження.

Таблиця 3.1 – Результати виміру кислотності проб кори

Шевченківський район	Олександрівський район	Комунарський район	Вознесенівський район	Заводський район	Правий берег	о.Хортиця
4,6	4,2	3,5	3,5	3,7	3,1	3,3
4,8	4,4	3,6	3,0	3,8	3,0	3,0
4,7	4,3	3,7	3,5	3,9	3,1	3,3
4,6	4,3	3,6	3,2	3,6	3,5	3,3
4,7	4,1	3,8	3,4	3,6	3,4	3,4
4,6	4,2	3,8	3,0	3,5	3,1	3,0
4,9	4,3	3,6	3,2	3,6	3,6	3,4
4,5	4,0	3,7	3,5	3,6	3,2	3,3
4,8	4,1	3,7	3,4	3,9	3,3	3,3
4,8	4,2	3,7	3,3	4,0	3,3	3,3
4,6	4,3	3,7	3,3	4,0	3,3	3,3
4,6	4,3	3,5	3,1	3,7	3,1	3,1
5,0	4,3	3,7	3,2	3,5	3,6	3,4
5,0	4,0	3,8	3,2	3,8	3,5	3,4
4,9	4,2	3,8	3,3	3,5	3,4	3,4
4,7	4,4	4,0	3,0	3,8	3,4	3,2
4,8	4,3	3,9	2,9	3,7	3,5	3,2
5,0	4,5	3,6	3,4	4,0	3,3	3,4
4,5	4,4	3,8	3,0	3,8	3,2	3,1
4,6	4,4	3,6	3,0	3,5	3,2	3,1

Для статистичної обробки даних обрано однофакторний дисперсійний аналіз. Сутність аналізу полягала в підтвердженні або спростуванні нульової гіпотези, що звучить так: відсутній вплив техногенного навантаження середовища на розвиток рослини. Порівнювалося фактичне значення альфа (похибка, що була взята на рівні 5%) з Р-значенням (вірогідністю). На рисунку 3.2 представлено дисперсійний аналіз за кислотністю проб кори.

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	SS	df	MS	F	P-значення	F критичне
Між групами	39,0516143	6	6,508602	272,021807	4,19217E-72	4,01317384
Всередині груп	3,18226	133	0,023927			

Рисунок 3.2 – Дисперсійний аналіз за кислотністю тканин кори.

За результатом аналізу нульова гіпотеза спростована з вірогідністю 4,192 (>0,05).

3.2 Результати біоіндикації за морфометричними показниками хвої

Біоіндикаційної оцінкою стану природного навколишнього середовища за використання сосни звичайної займались: Андреева В. В. [25], Барабаш О. В. [26], Божок О. П. [31], Єфремова А. [40], Лук'яненко Н. С. [47], Никитюк П. А. [50], Тимчій А. О, Вагалюк Л. В. [59].

Дані дослідження морфометричних показників хвої *Pinus sylvestris* L. наведено у Додатку А.

Комунарський район

Хвоя відібрана у Комунарському районі за морфометричними характеристиками має лише ознаки пошкодження близько 2%. Максимальний вік хвої можна визначити як 2,5 роки. Стан повітря можна вважати «відносно чистим».

Шевченківський район

Хвоя відібрана у Шевченківському районі за морфометричними характеристиками має 3% ознак всихання та 3% ознак пошкодження. Максимальний вік хвої можна визначити як 2,5 роки. Стан повітря «дуже брудний – шкідливий».

Олександрівський район

Хвоя відібрана у Олександрівському районі за морфометричними характеристиками має 1% ознак всихання та 3% ознак пошкодження. Максимальний вік хвої можна означити як 2,5 роки. Стан повітря можна вважати «забрудненим-тривожним».

Заводський район

Хвоя відібрана у Заводському районі за морфометричними характеристиками має 1% ознак всихання та 2% ознак пошкодження. Максимальний вік хвої можна означити як 2,5 роки. Стан повітря можна вважати «відносно чистим».

Вознесенівський район

Хвоя відібрана у Вознесенівському районі за морфометричними характеристиками має 3% ознак всихання та 3% ознак пошкодження. Максимальний вік хвої можна означити як 2,5 роки. Повітря «дуже брудне – шкідливе».

Правий берег

Хвоя відібрана на Правому березі районі за морфометричними характеристиками має 2% ознак всихання та 1% ознак пошкодження. Максимальний вік хвої можна означити як 2,5 роки. Стан повітря можна вважати «відносно чистим».

о. Хортиця

Хвоя відібрана на острові Хортиця за морфометричними характеристиками має 1% ознак всихання та 3% ознак пошкодження. Максимальний вік хвої можна означити як 2,5 роки. Стан повітря можна вважати «забрудненим-тривожним».

Зображення відібраної хвої розташовано у Додатку Б.

3.3 Результати біоіндикації за морфометричними показниками шишок

Дослідження морфометричних показників шишок сосни *Pinus sylvestris* L. зображені у таблиці 3.2.

На рисунку 3.3 відображена гістограма усереднених морфометричних показників шишок.

Отже, Заводський район характеризується найбільшими розмірами шишечок за довжиною та діаметром. Це може бути пояснено розташуванням підприємств з навітряного боку, що зумовлює винесення поллютантів за межі району. Це підтверджують і показники Вознесенівського району, що є дотичним з підвітряної сторони.

Таблиця 3.2 – Дані біоіндикаційного дослідження за морфометричними показниками

№	Шевченківський район		Олександрівський район		Комунарський район		Вознесенівський район		Заводський район		Правий берег		о.Хортиця	
	довжина	діаметр	довжина	діаметр	довжина	діаметр	довжина	діаметр	довжина	діаметр	довжина	діаметр	довжина	діаметр
1	4,5	4,2	4,0	3,7	7,0	6,2	5,3	5,0	6,0	5,7	5,3	5,0	5,3	5,0
2	6,2	5,9	5,2	4,9	6,1	5,8	6,8	6,5	5,4	5,1	7,0	6,7	6,8	6,5
3	5,4	5,0	4,7	4,4	5,9	5,6	7,0	6,7	5,0	4,7	7,0	6,7	7,0	6,7
4	5,8	5,5	4,0	3,7	7,0	6,7	5,6	5,3	6,3	6,0	5,6	5,3	5,6	5,3
5	5,6	5,3	5,3	5,0	5,3	5,0	7,0	6,7	6,0	5,7	7,0	6,7	7,0	6,7
6	5,4	5,1	6,0	5,7	7,0	6,7	6,8	6,5	5,0	4,7	7,0	6,7	6,8	6,5
7	5,5	5,2	4,5	4,2	6,0	5,7	7,0	6,7	6,5	6,2	6,8	6,5	7,0	6,7
8	5,2	4,9	4,7	4,4	5,5	5,2	6,2	5,9	5,8	5,6	6,0	5,7	6,2	5,9
9	4,9	4,6	5,0	4,7	7,0	6,7	5,8	5,5	6,0	5,7	6,0	5,7	5,8	5,5
10	5,7	5,4	4,9	4,6	6,0	5,7	5,0	4,7	6,7	6,4	5,5	5,2	5,0	4,7
11	5,4	5,1	4,0	3,7	7,0	6,7	5,0	4,7	5,0	4,7	5,0	4,7	5,3	5,0
12	4,9	4,6	5,8	5,5	6,0	5,7	6,3	6,0	6,3	6,0	6,8	6,5	6,3	6,0
13	4,0	3,7	5,0	4,7	6,4	6,1	5,9	5,6	5,8	5,5	6,4	6,1	5,9	5,6
14	4,2	3,9	4,0	3,7	5,0	4,7	5,4	5,1	6,0	5,7	5,0	4,7	5,4	5,1
15	4,2	3,9	5,5	5,2	5,4	5,1	6,0	5,7	5,6	5,3	5,9	5,6	6,0	5,7
16	6,7	6,4	4,0	3,7	6,2	5,9	5,3	5,0	5,0	4,7	6,1	5,8	5,3	5,0
17	6,6	6,3	6,0	5,7	5,5	5,2	5,2	4,9	6,0	5,7	6,0	5,7	5,2	4,9
18	4,8	4,5	5,4	5,1	6,9	6,6	5,0	4,7	6,7	6,4	5,0	4,7	5,0	4,7
19	5,3	5,0	6,0	5,7	5,0	4,7	5,5	5,2	5,3	5,0	5,2	4,9	5,5	5,2
20	5,5	5,2	5,6	5,3	6,0	5,7	5,0	4,7	6,0	5,7	5,0	4,7	5,0	4,7

У Вознесенівському районі розміри шишечок найменші, що може свідчити про високе навантаження з боку промисловості та автомобільного транспорту.

Правий берег міста, острів Хортицю та Комунарський район можна охарактеризувати як «умовно чисті» за забрудненістю атмосферного повітря.

Шевченківський район характеризується техногенно навантаженим за лужними викидами, що згубно впливає на розвиток шишок у сосни звичайної. Схожа ситуація й у Олександрівському районі, що є дотичним з підвітряного боку до Шевченківського.

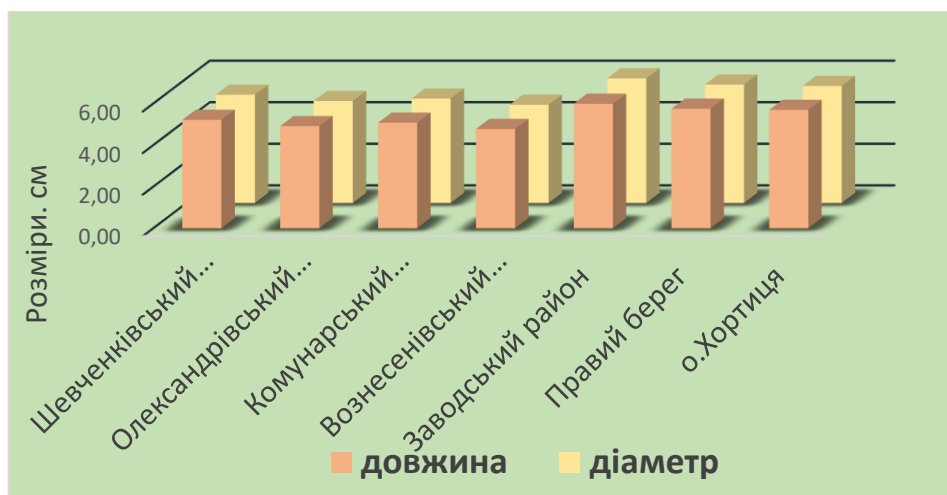


Рисунок 3.3 – Усереднені дані морфометричних показників шишок

Аналіз даних проводився за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу. Результати окремих аналізів за довжиною та діаметром шишок зображені на рисунку 3.4 та рисунку 3.5 відповідно.

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	SS	df	MS	F	P-Значення	F критичне
Між групами	20,00642857	6	3,334404762	6,640500024	3,66873E-06	2,167423231
Всередині груп	66,7835	133	0,502131579			

Рисунок 3.4 – Дисперсійний аналіз за довжиною шишок

За результатами дисперсійного аналізу за довжиною шишок нульова гіпотеза підтверджена з вірогідністю 3,668 ($>0,05$).

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	SS	df	MS	F	P-Значення	F критичне
Між групами	19,71485714	6	3,285809524	6,608987155	3,91876E-06	2,167423231
Всередині груп	66,124	133	0,497172932			

Рисунок 3.5 – Дисперсійний аналіз за діаметром шишок

За результатами дисперсійного аналізу за діаметром шишок нульова гіпотеза підтверджена з вірогідністю 3,918 ($>0,05$).

3.4 Аналіз кореляції Спірмена

Кореляція Спірмена використовувалася для порівняння та підтвердження значимості використання комплексу параметрів сосни звичайної для біоіндикаційної оцінки.

За результатами кореляції Спірмена (таблиця 3.3), що проводилася між параметрами стану хвої та іншими показниками робимо висновок, що

взаємозв'язок показників стан хвої-рН кори, стан хвої-параметри шишок наближається до 0, а отже відсутній.

Таблиця 3.3 – Результати кореляції Спірмена

Район	Возне-сенівський район	Олек-сандрівський район	Кому-нарський район	Шев-ченківський район	За-водський район	Правий берег	о.Хортиця
Параметр							
рН	Стан хвої – рН кори						
	-0,05	0,04	-0,16	-0,35	0,01	0,09	-0,12
Довж Діаметр	Стан хвої – параметри шишок						
	-0,23	-0,36	0,07	0,36	-0,20	-0,25	-0,22

Нижче на рисунку 3.6 зображений графік кореляції Спірмена, на якому видно розбіжність точок відношення різних показників до морфометричних змін хвої (як найбільш поширеної методики індикації стану атмосферного повітря).

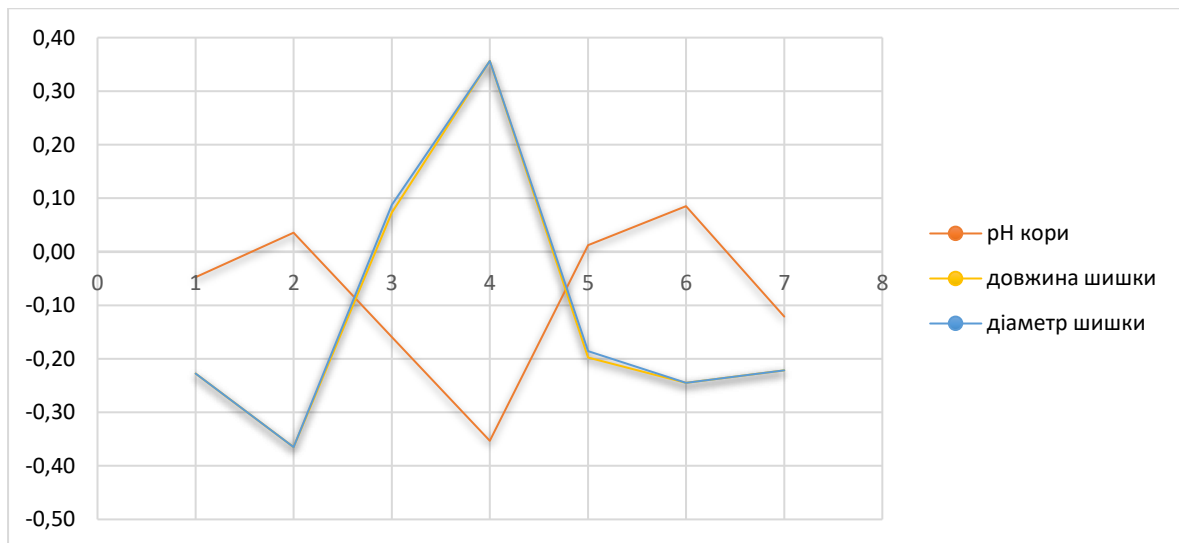


Рисунок 3.6 – точки кореляції Спірмена відносно показнику стану хвої

Отже, використання біоіндикаційної оцінки за допомогою комплексу показників є доречним.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Техніка безпеки під час польових досліджень

Польові біоіндикаційні дослідження в сучасному світі відіграють важливу роль у вивченні впливу людської діяльності на природу та біорізноманіття. Здійснення польових досліджень передбачає використання різноманітних методів та інструментів. Однак, з огляду на потенційні ризики та небезпеки, які супроводжують польові дослідження, важливо дотримуватися техніки безпеки під час їх проведення

Доцільно перед початком роботи здійснити аналіз потенційних небезпек та небезпечних ситуацій, що можуть виникнути під час роботи (рис.4.1).

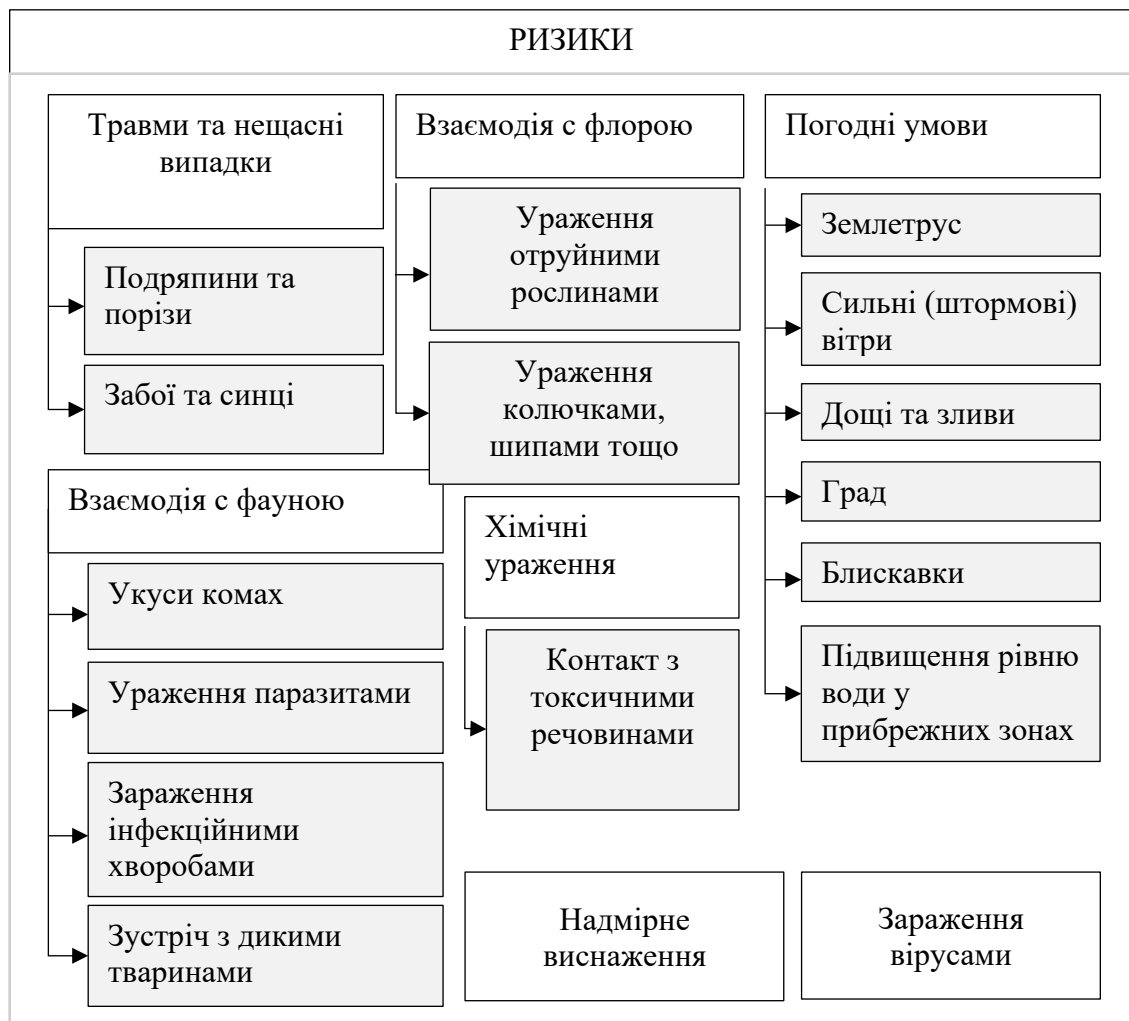


Рисунок 4.1 – Ризики безпеки під час польових біоіндикаційних досліджень

Важливо правильно організувати робочий процес та забезпечити необхідний інвентар, щоб уникнути небезпеки. Для цього може знадобитися використання спеціальних паперових пакетів для зберігання проб, робочого одягу, захисних окулярів, та інших засобів безпеки.

Ось декілька порад, які допоможуть підготуватися до перелічених вище ризиків:

1) Підготовка до польових робіт: інструктаж, розробка плану дослідження та переміщень територією тощо.

2) Вимірювання ризиків: Проводьте оцінку ризику перед початком досліджень та розробляйте план безпеки, включаючи заходи для мінімізації ризиків.

3) Відповідний одяг та обладнання: Надійно захистіть своє тіло, використовуючи відповідний одяг, рукавиці та взуття. Захищені відповідним чином, ви зменшите ризик порізів та подряпин. Використовуйте шоломи та захисні окуляри, де це необхідно, особливо під час роботи на висоті або під деревами. Включіть в комплект спорядження першої допомоги та інструментів для виходу в екстреній ситуації.

4) Моніторинг погоди: Слідкуйте за погодними умовами та завчасно отримуйте прогнози. В разі штормового попередження, грози чи інших небезпечних погодних умов вам слід відкласти роботу та убезпечити себе.

5) Засоби захисту від комах: Використовуйте репеленти від комах та кліщів, особливо в районах з високим ризиком укусів. Носіть захисний одяг, щоб зменшити доступ комах до шкіри.

6) Зустріч з дикою фауною: Дотримуйтеся безпеки, якщо ви зустрічаєте диких тварин. Не наближайтесь до них і не намагайтесь кормити чи доторкнутися до них.

7) Комунікація: Забезпечте засоби GPS зв'язку для ефективного переміщення та орієнтування на місцевості.

8) Екстреність: Розробіть план дій в екстреній ситуації, включаючи визначення шляхів евакуації.

Під час роботи в польових умовах та на урбанізованих ділянках, треба дотримуватися основних принципів безпеки. Забороняється вживання будь-яких дій, які можуть завдати шкоди живим істотам або природі. Також слід уникати контакту з небезпечними видами, включаючи тварини, які можуть бути хворими або агресивними.

Важливим є і захист від фізичних та хімічних небезпек.

Під час роботи в польових умовах важливо бути усвідомлений щодо фізичних небезпек, таких як погодні умови та віддалені місця тощо. Для мінімізації ризику травмування та нещасних випадків, слід використовувати відповідний захисний одяг, спеціальне взуття, та інші засоби безпеки.

Польові біоіндикаційні дослідження є важливим інструментом для вивчення стану природних екосистем та біорізноманіття. Однак, безпека під час проведення цих досліджень є дуже важливою. Правильне та чітке планування, оцінка ризиків, використання необхідного обладнання та захисних засобів можуть значно зменшити вірогідність потенційної небезпеки.

4.2 Техніка безпеки роботи в лабораторії РНЦ «Екологія»

Працюючи в лабораторії РНЦ «Екологія» під час механічної та фізичної обробки відібраних проб, а також фізико-хімічного аналізу необхідно бути одягненим у спецодяг (добре застібнутому лабораторному халаті, рукавицях).

Проводячи механічну обробку проб, а саме обробка на механічному подрібнювачі – обережно використовуємо прилад. Механічна обробка робиться без поспіху, зосереджено та ретельно.

Техніка безпеки при використанні рН-метра EZODO MP-103 дуже важлива для запобігання можливих аварій та забезпечення точності вимірювань.

Деякі основні правила техніки безпеки під час використання рН-метра EZODO MP-103 представлено нижче:

Ознайомлення з інструкцією: Перш ніж користуватися рН-метром EZODO MP-103, ретельно прочитайте інструкцію користувача, ознайомтеся з усіма функціями та інструкціями з безпеки, поданою в документації.

Захист рук: Користуйтеся рукавичками під час роботи з рН-метром, особливо при обробці розчинів, які можуть бути небезпечними для шкіри.

Уникайте контакту з рідиною: Запобігайте контакту рідини з корпусом приладу та його кабелем. У разі забруднення, обережно витріть та промийте прилад.

Збереження та транспортування: Зберігайте рН-метр в чистому та сухому місці, далеко від джерел вологи та температурних змін. Перевозьте його обережно, уникайте ударів і падінь.

Калібрування: Регулярно калібруйте прилад з використанням стандартних розчинів рН. Це забезпечить точність вимірювань.

Особистий захист: Використовуйте захисні окуляри під час роботи з рН-метром, особливо під час налаштування та калібрування.

Уникайте контакту з електродом: Не доторкайтеся безпосередньо до електрода приладу. Він може бути дуже чутливим до забруднень, що впливає на точність вимірювань.

Уникайте роботи поблизу води: Не розміщуйте рН-метр біля джерел води або рідин, щоб уникнути можливого замочування та корозії.

Попередження про збої: Якщо ви помітили будь-які аномалії або проблеми в роботі приладу, припиніть його використання і зверніться до виробника або кваліфікованого техника для обстеження та ремонту.

Видалення відходів: Не викидайте старі батарейки або електроди в звичайні сміття. Дотримуйтеся встановлених правил щодо видалення відходів, включаючи утилізацію батарейок та електродів.

При калібруванні використовуються розчини кислот і лугів, а отже треба дотримуватися техніки безпеки поводження з хімічними речовинами. Перша допомога при опіках чи отруєнні представлена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Надання першої допомоги в результаті нещасного випадку

Подія	Перша допомога
ОПІК	
I- й ступінь (почервоніння)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Змочити вату в етиловому спирті та нанести на опікану ділянку. 2. Повторити змочування.
II- й ступінь (пухирі)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Змочити вату в етиловому спирті та нанести на опікану ділянку. 2. Повторити змочування. 3. Обробити розчином 5% калій марганцю або 5% таніну.
III- й ступінь (руйнування тканин)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Покрити рану стерильною пов'язкою. 2. Зателефонувати лікаріві.
Кислотні опіки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ретельно промити опік великою кількістю води 2. Обробити 5% розчин бікарбонату натрію(NaHCO_3).
Лужні опіки	<ol style="list-style-type: none"> 1. негайно ретельно промити водою.
Опіки очей	<p>При кислотних опіках:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Використовувати 3% розчин карбонату натрію (Na_2CO_3). <p>При лужних опіках:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Застосовувати 2% розчин оцтової кислоти.
ОТРУЄННЯ	
Їдкі речовини	<p>У разі попадання кислоти:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Випити молоко з магнієвим оксидом. <p>У разі контакту з лугом:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Випити розчин лимонної кислоти або слабо розведеної оцтової кислоти.
Тверді чи рідкі речовини	<ol style="list-style-type: none"> 1. Спровокувати блювання, випивши 1% розчин сульфату міді(II) (CuSO_4).
Газ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вивести потерпілого на свіже повітря.

Продовження таблиці 4.1

Порізи та подряпини	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рану обробити розчином калієвого перманганату або спиртом. 2. Зобразити краї рани йодом. 3. Зав'язати бинтом або заклеїти лейкопластиром. У разі значної кровотечі використовувати джгут.
Очі	<ol style="list-style-type: none"> 1. Видалити інородне тіло струменем розчину борної кислоти або чистої води, спрямовуючи його від внутрішнього кута ока до зовнішнього. 2. Якщо інородне тіло не вдається видалити, негайно звернутися до лікаря.

По завершенню роботи потрібно:

- 1) Прибрати робоче місце.
- 2) Після закінчення дослідів, забруднений посуд обережно скласти у спеціальну посудину чи підноси.
- 3) Перекрити крани, що подають воду, вимкнути нагрівальні прилади.
- 4) Перед тим як піти з приміщення лабораторії треба усе ретельно перевірити для виключення виникнення аварійних випадків, вимкнути світло.

4.3 Охорона праці при роботі з комп'ютером та периферійними пристроями

Техніка безпеки та охорони праці при роботі з ПК та обчислювальними приладами завжди залишається актуальною, оскільки вони використовуються широко в різних галузях та сферах життя.

Робота з ПК для статистичної обробки даних може включати різні ризики охорони праці, і їх важливо враховувати для забезпечення безпеки користувача. Основні та найчастіші проблеми, небезпеки та ризики вказані на рисунку 4.2.

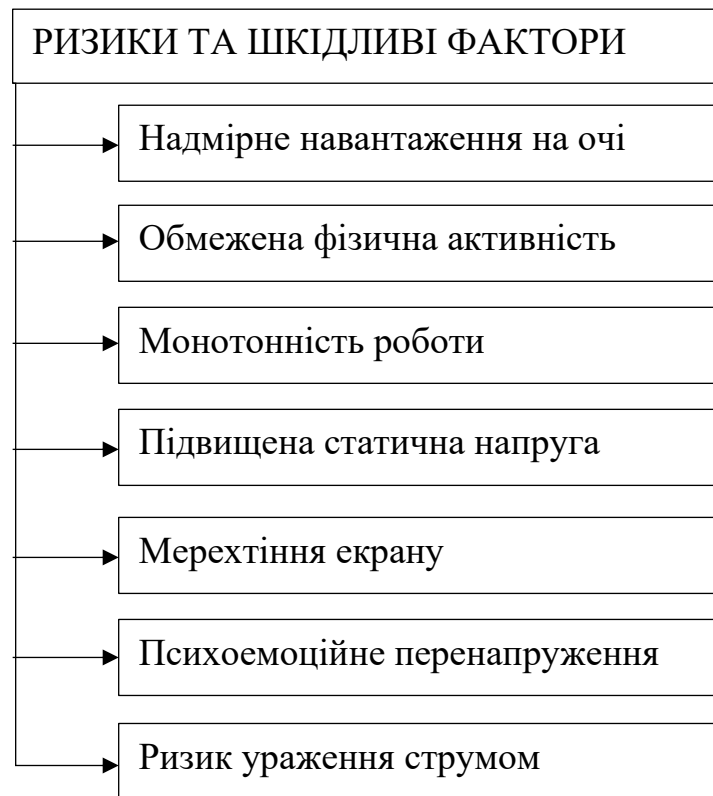


Рисунок 4.2 – Основні ризики під час використання ПК для статистичної обробки даних

Також серед ризиків виділяють:

- 1) Синдром карпального каналу і тунельні синдроми: довгий період роботи за клавіатурою та мишею може призвести до напруги в руках і зап'ястях. Це може призвести до розвитку синдрому карпального каналу та інших тунельних синдромів.
- 2) Проблеми зі зором: довгі години роботи перед монітором можуть спричинити напругу та втому для очей. Це може призвести до розладів зі зором, таких як синдром сухого ока або близькозорість.
- 3) Стрес і психологічне здоров'я: довга робоча доба перед ПК може призвести до стресу і погіршення психологічного здоров'я. Багато годин роботи без перерв може призвести до вигорання та погіршення настрою.
- 4) Неякісна організація робочого простору: неправильно налаштований робочий стіл, стілець, монітор та клавіатура можуть призвести до незручностей і травм, таких як болі в спині та шиї.

5) Електрична безпека: належне використання електронного обладнання та безпека під час підключення до електромережі важливі для запобігання пожежі і травм тощо.

Спираючись на можливі ризики, важливо сформувавши чек-лист виконання вимог охорони праці при роботі з ПК (таблиця 4.2) що допоможе уникнути небезпек [45].

Таблиця 4.2 – Чек-лист виконання вимог при роботі з ПК

№ з.п.	Критерій, вимога до умов праці	Відмітка про виконання
	Розміщувати екран дисплея на відстані не менше 550-700 мм від очей оператора, щоб знизити рівень статичної електрики.	✓ Виконано
	Розміщувати екран дисплея перпендикулярно світловому потоку від вікон або світильників, щоб зменшити відблики.	✓ Виконано
	Забезпечувати освітленість робочого місця на рівні не менше 300-500 люкс і яскравість світіння екрана не менше 100 кандел на квадратний метр.	✓ Виконано
	Використовувати екрани з мінімальним розміром світлової точки не більше 0,6 мм.	✓ Виконано
	Забезпечувати контрастність зображення не менше 0,8.	✗ Невиконано
	Мати частоту оновлення не менше 72 Гц для зручності сприймання.	✗ Невиконано
	Використовувати технологічні перерви і виконувати комплекс фізичних вправ для зменшення впливу низької фізичної активності та емоційного перенапруження.	✓ Виконано

Чек-лист вказує, що деякі вимоги невиконані. Про них детальніше нижче.

OPTICAL SPECIFICATIONS								
Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	Note	
Contrast Ratio	CR	$\theta_x=0^\circ, \theta_y=0^\circ$ Viewing Normal Angle	500	650	-	-	(2), (5),(7)	
Response Time	T_R		-	3	8	ms	(3),(7)	
	T_F		-	7	12	ms		
Average Luminance of White	L_{AVE}		170	200	-	cd/m ²	(4), (6),(7)	
Color Chromaticity	Red		R_x	Typ - 0.03	0.577	Typ + 0.03	-	(1),(7)
			R_y		0.364		-	
	Green		G_x		0.348		-	
			G_y		0.563		-	
	Blue		B_x		0.151		-	
			B_y		0.116		-	
	White	W_x	0.313		-			
		W_y	0.329		-			
Viewing Angle	Horizontal	θ_{x+}	40	45	-	Deg.	(1),(5), (7)	
		θ_{x-}	40	45	-			
	Vertical	θ_{y+}	15	20	-			
		θ_{y-}	40	45	-			
White Variation of 5 Points	δW_{5p}	$\theta_x=0^\circ, \theta_y=0^\circ$	80	90	-	%	(5),(6), (7)	

Note (1) Definition of Viewing Angle (θ_x, θ_y):

Рисунок 4.3 – Технічні характеристики ПК для статистичної обробки даних [9]

Як видно з рисунку 4.3, контрастність екрану ПК не відповідає вимогам, а отже створює потенційну небезпеку для здоров'я очей.

🏠 Додаткові параметри відображення

Відомості про дисплей

 Внутрішній дисплей	
Дисплей 1: Підключено до Intel(R) HD Graphics 4000	
Роздільна здатність робочого стола	1366 × 768
Роздільна здатність активного сигналу	1366 × 768
Частота оновлення (Гц)	60,059 Гц
Глибина кольору	8-біт
Формат кольору	RGB
Колірний простір	Стандартний динамічний діапазон (SDR)

Рисунок 4.4 – Додаткові параметри відображення відомостей дисплея ПК для статистичної обробки даних

На рисунку 4.4 представлена частота оновлення зображення на ПК, яка дорівнює 60 Гц. Такий показник є недостатнім до норми (72 Гц), згубно впливає на стан нервової системи та систем чуття.

Щоб зменшити негативний вплив на здоров'я, слід дотримуватися деяких рекомендацій щодо охорони праці:

1) Перерви та відпочинок:

а) Робіть регулярні перерви під час роботи за комп'ютером.

Рекомендується короткі перерви кожні 20-30 хвилин.

б) Використовуйте правило "20-20-20": кожні 20 хвилин дивіться на об'єкти, розташовані на відстані 20 футів протягом 20 секунд, щоб розслабити очі.

2) Налаштування монітора:

а) Встановіть оптимальну частоту оновлення монітора та контрастність, яка не надто висока або низька. Це знизить навантаження на очі.

б) Використовуйте монітор з антибліковим покриттям, яке зменшує відблиски та блиск.

3) Освітлення та розташування робочого місця:

а) Забезпечте належне освітлення на робочому місці, уникайте блисків на екрані.

б) Монітор повинен бути розташований на рівні очей і на відстані приблизно 50-60 см від очей.

4) Регулюйте режим роботи:

а) Використовуйте програми, які зменшують блакитне світло ввечері, щоб запобігти впливу на сон.

б) Налаштуйте робоче місце, щоб уникнути відблисків від інших джерел світла.

5) Вправи для очей:

а) Регулярно робіть спеціальні вправи для очей, які допоможуть зняти напругу та покращити кровообіг в очах.

б) Контроль за робочим часом:

а) Обмежте тривалість роботи за комп'ютером та іншими електронними пристроями у поза робочий час.

7) Регулярні огляди офтальмолога:

а) Проводьте регулярні медичні огляди у лікаря-офтальмолога для вчасного виявлення проблем зі зором та їхнього лікування.

Ці рекомендації допоможуть зменшити негативний вплив некоректно налаштованих моніторів та роботи за комп'ютером на нервову та зорову системи. Важливо вживати заходи для збереження здоров'я та комфорту при роботі за ПК.

4.4 Рекомендації щодо удосконалення вимог до охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в умовах воєнного стану

Проведення польових досліджень у розрізі воєнного стану в Україні є вкрай складною та небезпечною справою, і безпека всіх учасників таких досліджень має бути на вищому рівні пріоритету. Враховуючи це, надаю рекомендації з охорони праці для польових досліджень у подібних умовах:

- 1) Завжди дотримуйтесь інструкцій та правил безпеки.
- 2) Захист від вогнепальної небезпеки: уникайте зон бойових дій та місць, де можливий обстріл.
- 3) Захист від хімічних загроз: враховуйте можливість використання хімічних засобів і зброї, тому необхідно пам'ятати основи БЖД.
- 4) Захист від вибухів: будьте обережними щодо можливих вибухів або замінованих місцевостей.. Уникайте невідомих об'єктів та місць. Оминайте заборонені до відвідування зони.

Завжди дотримуйтесь офіційних рекомендацій служб безпеки та ЗОВА. Будьте готовими до різних ситуацій та дійте з обачністю та розумінням небезпеки у воєнних умовах.

ВИСНОВКИ

1) Дослідивши проблематику зелених насаджень міста Запоріжжя, можна надати рекомендації щодо вирішення питань збереження зелених зон. Сосна звичайна зарекомендувала себе стійкою до промислового навантаження рослиною, що добре очищує повітря та створює сприятливі санітарно-гігієнічні умови.

2) Проаналізовано вплив аерополітантів на рослинність. Забруднена атмосфера спричинює низку фізіологічних реакцій, серед яких інтенсифікація процесів пероксидного окиснення ліпідів.

3) Біоіндикаційне дослідження стану атмосферного повітря за допомогою *Pinus sylvestris* L. вказує на стійкість рослини до техногенного навантаження, та все ж індикує зміни стану довкілля, що відображено у вигляді перевищення критичної межі критерію F.

4) За результатами дослідження морфометричних показників шишки найгіршими показниками виявилися у Заводському, Олександрівському, Шевченківському районах, а саме довжина шишки в межах 4,5-5 см, діаметр – близько 5 см.

Розміри шишечок у Заводському районі приблизно такі ж, як і у Вознесенівському районі. Це може бути пояснено розташуванням підприємств з навітряного боку, що призводить до виносу забруднюючих речовин за межі району.

Біоіндикаційна оцінка за станом хвої показала, що найзабрудненішими районами є Вознесенівський, Шевченківський райони (3% всихання та 3% пошкодження хвої у кожному). Хвоя соснових дерев реагує на стан атмосферного повітря схожим чином до реакції шишок, хоча і є мінімальні розбіжності, пов'язані із фізіологічними особливостями органів дерева.

Дослідження кислотності кори свідчить про лужне забруднення територій о. Хортиця (в середньому рН =3,2), Заводського та Вознесенівського району

(рН близько 3,3) та кислотне забруднення Шевченківського та Олександрівського району (рН більше 4,3, що є перевищенням норми).

У випадку кислотності похибка показів можлива через різний склад порід та ґрунтового покриву, де ростуть дерева.

5) Статистично доведено доцільність використання комплексної методики біоіндикаційної оцінки стану атмосферного повітря за станом хвої, рН кори та параметричними даними шишок *Pinus sylvestris* L. Проведено аналіз кореляції Спірмена, що доцільно при визначенні ступеня статистичного взаємозв'язку між двома змінними, незалежно від того, чи ці змінні є неперервними (кількісними) чи категоріальними (якісними). На основі результатів кореляції Спірмена, представлених у Таблиці 3.2, яка була проведена для аналізу зв'язку між станом хвої та іншими показниками, ми можемо зробити висновок, що взаємозв'язок між станом хвої та рН кори, а також станом хвої та параметрами шишок, практично дорівнює нулю, що свідчить про відсутність такого зв'язку.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Загальні рекомендації до практичного застосування на різних рівнях екологічного управління

Загальні практичні рекомендації включають в себе ряд пропозицій, які можуть бути корисними для поліпшення стану атмосферного повітря та охорони довкілля міста Запоріжжя. Ось кілька можливих рекомендацій:

1) Розширення мережі моніторингу:

а) Розширення покриття моніторингу: можливість встановлення додаткових пунктів збору даних по всьому місту для отримання більш репрезентативної інформації про якість повітря в різних районах.

б) Інтеграція даних: поєднання даних з різних джерел, включаючи біоіндикаційні показники та хімічний аналіз повітря, для забезпечення повноти і надійності інформації.

2) Створення стандартів та нормативів: встановлення жорстких стандартів та нормативів для максимально допустимих рівнів забруднюючих речовин у повітрі, які повинні дотримуватися промислові підприємства та транспортні компанії.

3) Оцінка впливу результатів дослідження:

а) Визначення джерел забруднення: подальший аналіз отриманих даних, щоб точно визначити джерела забруднення та їх вплив на якість повітря.

б) Кореляція забруднюючих речовин і біоіндикаційних показників: дослідження взаємозв'язу між рівнями конкретних забруднюючих речовин у повітрі та рівнями біоіндикаційних показників сосни. Це допоможе визначити, які речовини найбільше впливають на рослини.

4) Фінансові заохочення: розробка систему фінансових заохочень для підприємств, які приймають заходи для зменшення викидів та покращення якості повітря, включаючи податкові пільги або субсидії.

5) Заходи для зменшення забруднення:

а) Розробка конкретних стратегій: спільно з владою та місцевими громадами розробити конкретні стратегії для зменшення викидів забруднюючих речовин. Ці стратегії повинні включати технічні інновації, регулювання та стимулювання екологічних ініціатив.

б) Зменшення транспортного забруднення: підтримка розвитку громадського транспорту, використання електромобілів та впровадження програми каршерингу для зменшення використання приватних автомобілів.

б) Технологічні інновації: заохочення дослідницьких проєктів, спрямованих на створення більш чистих та ефективних технологій для фільтрації викидів та зменшення впливу промислових підприємств на повітря.

7) Зелені насадження та лісокультура:

а) Створення зелених коридорів: збільшення кількості зелених коридорів та ландшафтних зон вздовж доріг та в районах промислових об'єктів для зменшення впливу шкідливих викидів.

б) Лісова рекультивація: можливість лісової рекультивації на деградованих територіях або забруднених місцях для покращення якості повітря.

8) Розвиток схеми використання електромобілів: сприяння розвитку електромобільної інфраструктури та введення заходів для стимулювання використання електромобілів, включаючи пільги на придбання, безкоштовні зарядні станції тощо. Розробка бренду, спрямованого на популяризацію електромобілів серед населення міста.

9) Освіта та інформаційна кампанія:

а) Співпраця з громадою: долучення містян у програми освіти та інформаційні кампанії, щоб підвищити рівень свідомості щодо проблем забруднення повітря та важливості особистого внеску в їх вирішення.

б) Стимулювання використання засобів громадського транспорту: Впровадьте програми знижок чи пільг для пасажирів громадського транспорту, щоб стимулювати його використання.

10) Міжнародна співпраця: розгляд можливостей співпраці з іншими містами та країнами для обміну найкращими практиками та технологіями для зменшення забруднення повітря.

11) Подальше наукове дослідження:

а) Розвиток нових методів біоіндикації: фінансування подальших досліджень для розробки нових методів біоіндикації та вдосконалення існуючих для точнішого моніторингу якості повітря.

б) Постійний моніторинг і аналіз: забезпечення постійного моніторингу якості повітря та аналізу результатів для реагування на зміни вчасно і ефективно.

12) Вдосконалення технологій очищення повітря вдома: рекомендації щодо використання та розвитку технології очищення повітря в домівках, щоб покращити якість внутрішнього повітря у житлових приміщеннях.

Ці рекомендації можуть бути відзеркалені на конкретних вимогах та можливостях законодавства України.

2. Робота над впровадженням практичних рекомендацій

Станом на теперішній час нами активно впроваджується освітня діяльність еколого-натуралістичного спрямування на базі Комунального закладу «Запорізького обласного еколого-натуралістичного центру учнівської молоді» Запорізької обласної ради, а також .

Обіймаючи посаду методиста обласного центру, вважаємо за потрібне вести гурткову позашкільну діяльність серед школярів та дошкільників з метою формування екологічно свідомої молоді з вихованими екологічним етикетом та екологічною освіченістю.

Використовуємо отримані результати дослідження для навчання молоді в умовах позашкільної освіти.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bioindication of ^{137}Cs forest ecosystem pollution by using test objects / А. П. Павленко et al. *Agroecological journal*. 2020. No. 1. P. 19–27. URL: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201265> (date of access: 15.07.2023).
2. Boyko G. O., Puzrina N. V. Influence of local growth conditions on the change of species composition of mycobiots of pine seeds. *Ukrainian journal of forest and wood science*. 2021. Vol. 12, no. 2. P. 50–57. URL: <https://doi.org/10.31548/forest2021.02.005> (date of access: 14.07.2023).
3. Davydenko K. V. Preliminary assessment of pathogenicity of *Fusarium circinatum* on germlings of *Pinus sylvestris* in Ukraine. *Forestry and forest melioration*. 2019. No. 134. P. 117–123. URL: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.117> (date of access: 14.07.2023).
4. Davydenko K., Baturkin D. Ophiostomatoid fungi vectored by bark beetles and colonizing trees of *Pinus sylvestris* in Sumy region (Ukraine). *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2020. No. 21. P. 22–29. URL: <https://doi.org/10.15421/412022> (date of access: 14.07.2023).
5. Debryniuk I., Myklush Y. Вплив *Betula pendula* Roth. на таксаційні показники *Pinus sylvestris* L. у лісових культурах свіжого бору Західного Полісся. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. № 23. С. 79–90. URL: <https://doi.org/10.15421/412129> (дата звернення: 14.07.2023).
6. Debryniuk I., Veremchuk Y. Посівна якість насіння *Pinus sylvestris* L. у насадженнях західного регіону України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. № 22. С. 98–107. URL: <https://doi.org/10.15421/412108> (дата звернення: 14.07.2023).
7. Encyclopedia of Plants and Flowers new edition / editor – in -chief Cristopher Brickell. Kindle, 2019. 743 p.
8. Genetic variation of age groups in *Pinus sylvestris* var. *cretacea* (Pinaceae) population in the Kreidova Flora protected area / I. I. Korshikov et al.

Ukrainian botanical journal. 2014. Vol. 71, no. 6. P. 733–739. URL: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj71.06.733> (date of access: 14.07.2023).

9. Innolux C. Product specification model no.: n156bge suffix: l41. URL: https://drive.google.com/file/d/1cF0VwOaSDCRNNzqXly3wwNUD1EJFMoS u/view?usp=drive_link (date of access: 28.09.2023).

10. J. N. B. Bell, M. Treshow *Air. Pollution and Plant Life*. Willey, 2002. 480 p.

11. Koval I. Кліматичний сигнал у регіональній деревно-кільцевій хронології *Pinus sylvestris* L. у Лівобережному Лісостепу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. № 22. С. 188–198. URL: <https://doi.org/10.15421/412117> (дата звернення: 14.07.2023).

12. Koval I. M., Voronin V. O. Реакція радіального приросту *Pinus sylvestris* L. на зміну клімату в насадженнях Лівобережного Лісостепу. *Forestry and forest melioration*. 2020. № 135. С. 140–148. URL: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.140> (дата звернення: 14.07.2023).

13. Lakyda P. I., Lovynska V. M. Фітомаса компонентів крони дерев *Pinus sylvestris* L. Північного степу України. *Forestry and forest melioration*. 2018. № 133. С. 85–92. URL: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.133.2018.85> (дата звернення: 14.07.2023).

14. Menkis A., Vasaitis R. Fungi in roots of nursery grown *Pinus sylvestris*: ectomycorrhizal colonisation, genetic diversity and spatial distribution. *Microbial ecology*. 2010. Vol. 61, no. 1. P. 52–63. URL: <https://doi.org/10.1007/s00248-010-9676-8> (date of access: 14.07.2023).

15. Meshkova V., Bobrov I. Parameters of *Pinus sylvestris* health condition and *Ips acuminatus* population in pure and mixed stands of Sumy region. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2020. No. 20. P. 131–140. URL: <https://doi.org/10.15421/412012> (date of access: 14.07.2023).

16. Prokaryotic expression and purification of bioactive defension 2 from *Pinus sylvestris* L. / N. I. Hrunyk et al. *Studia biologica*. 2019. Vol. 13, no. 2. P. 29–40. URL: <https://doi.org/10.30970/sbi.1302.603> (date of access: 14.07.2023).
17. Rositska N. V. Influence of drought on allelopathic properties of *Pinus sylvestris* L. *Plant introduction*. 2020. Vol. 85-86. URL: <https://doi.org/10.46341/pi2019001> (date of access: 14.07.2023).
18. Rusyn I., Dyachok V. Bioelectric parameters of *Pinus silvestris* forest ecosystems. *Environmental problems*. 2021. Vol. 6, no. 2. P. 59–63. URL: <https://doi.org/10.23939/ep2021.02.059> (date of access: 14.07.2023).
19. Shevchuk S. Y. The effect of the pyrogenic factor on distinction *pinus sylvestris* L. on the fallow ecosystems. *Вісник Запорізького національного університету*. 2017. No. 2. P. 7–11.
20. Shevchuk S. Y. Особливості розвитку PINUS SYLVESTRIS L. на початкових етапах онтогенезу та структурно-функціональні закономірності процесу її відновлення. *Вісник Запорізького національного університету. Серія : Біологічні науки*. 2016. № 1. С. 22–27.
21. Sklyarenko A. V., Bessonova V. P. Accumulation of sulfur and glutathione in leaves of woody plants growing under the conditions of outdoor air pollution by sulfur dioxide. *Biosystems Diversity*. 2018. № 26 (4). P. 334–338. doi:10.15421/011849
22. Sklyarenko A. V. Оцінювання впливу промислових умов на величину флуктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula Pendula* Запоріжжя. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2019. Т. 29, № 6. С. 54–57. URL: <https://doi.org/10.15421/40290611> (дата звернення: 14.07.2023).
23. The influence of plants growth regulators on physiologically-biochemical indicators of *Betula pendula* Roth. and *Pinus sylvestris* L. plants on the rock dumps of coal mines / V. Baranov et al. *Visnyk of Lviv University. Biological series*. 2018. No. 79. P. 176–183. URL: <https://doi.org/10.30970/vlubs.2018.79.19> (date of access: 14.07.2023).

24. Zaika V., Rudenko A. Морфофункціональні особливості *Pinus sylvestris* L. у лісостанах борів Малого Полісся. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2019. № 19. С. 11–21. URL: <https://doi.org/10.15421/411923> (дата звернення: 14.07.2023).

25. Андреева В. В. Стан сосни звичайної в умовах посиленого антропогенного тиску. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2013. Т. 23, № 17. С. 14–21.

26. Барабаш О. В. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря методом дендроіндикації. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2019. № 4(27). С. 102-107.

27. Барабаш О. В. Наукові основи застосування методів біотестування та біоіндикації в системах управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання : дис. ... д-ра техн. наук : 21.06.01. Київ, 2020. 450 с.

28. Белей Л. М. Сосна кедрова європейська (*Pinus cembra* L.) у Карпатському національному природному парку. *Рослинний світ у Червоній книзі України : впровадження глобальної стратегії збереження рослин* : зб. матер. III міжнар. наук. конф., м. Львів, 4–7 черв. 2014 р. Львів, 2014. С. 194–196.

29. Бичков С. А. Інтродукційний потенціал *Pinus pallasiana* D. DON і *Pinus sylvestris* L. у техногенно забруднених територіях Приазов'я : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2000. 19 с.

30. Біотична стійкість *Pinus sylvestris* L. у сугрудових лісостанах Львівського Розточчя / Х. Криницький та ін. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. № 23. С. 50–57. URL: <https://doi.org/10.15421/412126> (дата звернення: 14.07.2023).

31. Божок О. П. Об'ємна та масова продуктивність сосни звичайної в різних умовах росту. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 2008. № 34. С. 22–26.

32. Бондар Ю. О. Радіобіологічні ефекти хронічного іонізуючого опромінення сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в зоні відчуження

Чорнобильської АЕС : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.01. Київ, 2009. 22 с.

33. Важненко О. В. Техногенне навантаження атмосферного повітря та оцінка токсичності викидів Заводського району та Орджонікідзевського районів м. Запоріжжя. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2009. Т. 1, № 1. С. 58–63.

34. Волох А. М. Сучасний стан степової біоти на Запоріжжі. *Екологічний вісник*. 2008. № 6. С. 23–25.

35. Вплив мікробних агентів і біопрепаратів на їх основі на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris* L. / Н. Войко та ін. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. № 23. С. 68–78. URL: <https://doi.org/10.15421/412128> (дата звернення: 14.07.2023).

36. Груник Н. І. Вплив структурно-функціональних характеристик ліпідтрансферного протеїну на біологічну стійкість *Pinus sylvestris* L. : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 06.03.03. Львів, 2021. 20 с.

37. Гут Р. Т. Вплив кліматичних чинників на ширину річних кілець дерев сосни звичайної різних селекційних категорій у ценопопуляціях. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2008. № 18.9. С. 20–24.

38. Гут Р. Т. Морфогенетична мінливість та біохімічні механізми стійкості сосни звичайної у ценопопуляціях заходу України : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 06.03.03. Львів, 2009. 41 с.

39. Дзиба А. А., Попович С. Ю. Порівняльний аналіз складу заповідних вікових дерев *Pinus sylvestris* L. лісостепу і степу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2013. № 187, Ч. 3. С. 87–94.

40. Єфремова А. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя викидами чадного газу автотранспортом. *Молода наука - 2019* : зб. наук. пр. студ., аспірантів і молодих вчен., м. Запоріжжя. 2019. С. 54–56.

41. Жицька Л. І. Рослинний покрив урбосистеми як індикатор стану едафотопів та атмосферних забруднень (на прикладі м. Черкаси) : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16. Київ, 2011. 20 с.
42. Жмурко І. В. Біоекологічні особливості екотипів сосни звичайної в географічних культурах Західного Полісся України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.01. Львів, 2009. 17 с.
43. Зелена Л. Б. Молекулярно-біологічні аспекти змін формотворення у сосни звичайної, індукованих хронічним випромінюванням : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.15. Київ, 2008. 24 с.
44. Інструкція з експлуатації МР-103 рН/ОВП-метр/термометр. *Gondo ezodo*. URL: <http://www.ezodo.ua/ru/component/jshopping/ph-metry/rn-metr-ezodo-mp-103-s-vynosnym-elektrodom-py41-i-termoatchikom> (дата звернення: 04.08.2023).
45. Інструкція з охорони праці No 5 Робота з персональним комп'ютером та периферійними пристроями : наказ від 20.12.2018 р. № 85. URL: https://tsdea.archives.gov.ua/wp-content/uploads/2021/11/5_PK2018.pdf (дата звернення: 09.09.2022).
46. Коваль І. М. Кліматичний сигнал у регіональній деревно-кільцевій хронології *Pinus sylvestris*. L. у лівобережному лісостепу. Наукові праці лісівничої академії наук України. 2021. № 22. С. 188-198.
47. Лук'яненко Н. С. Експрес-оцінка забруднення атмосферного повітря лісового біогеоценозу за станом хвої *Pinus sylvestris* L. *Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи* : матеріали IV Всеукр. науково-метод. конф., м. Шостка, 18 квіт. 2019 р. Суми, 2019. С. 110–113.
48. Михайленко І. Л., Сметана О. М. Умови існування ялини звичайної, сосни кримської, сосни звичайної та ялівцю козачого в складі зелених насаджень м. Кривий Ріг. *Питання біоіндикації та екології*. 2013. № 18. С. 170–190.
49. Мороз В. В., Стасюк Н. М. Peculiarities of growth and development of *Pinus sylvestris* L. in Yavorovsk national natural park. *Balanced nature using*. 2020.

№ 1. С. 147–154. URL: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203944> (дата звернення: 15.07.2023).

50. Никитюк П. А. Біоіндикація стану атмосферного повітря за допомогою сосни звичайної *Pinus sylvestris*. L. За впливу птахівничих господарств. Вісник НУВГП. 2022. № 4. С. 175-183.

51. Пашкевич Н. А. Структурно-функціональні показники змін біологічних систем, як основа ведення моніторингу. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Біологія, біотехнологія, екологія. 2017. № 270. С. 71–78.

52. Прищеп А. М. Екосистемні послуги зелених насаджень урбосистем. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 1 (77). С. 12.

53. Програма комплексного озеленення м.Запоріжжя на 2019-2029 роки «Зелене місто»: Рішення Запорізької міської ради від 28.08.2019 №22 Дата оновлення: 28.08.2019. URL: https://zp.gov.ua/upload/content/o_1djtgf2rc88q1pfo1isj8g5821a.pdf (дата звернення: 11.01.2022).

54. Склярєнко А. В., Бессонова В. П. Різноманіття дендрофлори санітарно-захисної зони ПАТ «Запорізький трансформаторний завод». Питання біоіндикації та екології. 2017. Вип. 22. № 2. С. 17–21.

55. Склярєнко А. В., Бессонова В. П. Таксаційні характеристики та життєвий стан деревних рослин санітарно-захисної зони ПАТ «Український графіт». Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27. № 1. С. 83-87.

56. Схожість, збережуваність і стан сіянів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), вирощених у контейнерах / О. І. Лялін та ін. *Scientific bulletin of UNFU*. 2020. Т. 30, № 2. С. 44–48. URL: <https://doi.org/10.36930/40300208> (дата звернення: 14.07.2023).

57. Кравченко О. О., Харченко О. І., Остапченко Л. І. Техніка лабораторних робіт : навч. посіб. Київ : Електронне видання, 2022. 192 с.

58. Техно- й урбосистеми: методологічні підходи до оцінювання стану урбанізованого довкілля / Р. S. Hnativ та ін. *Scientific bulletin of UNFU*. 2019.

Т. 29, № 5. С. 82–87. URL: <https://doi.org/10.15421/40290516> (дата звернення: 14.07.2023).

59. Тимчій А. О., Вагалюк Л. В. Біоіндикація, як метод оцінки та аналізу стану навколишнього природного середовища на прикладі *Pinus sylvestris*. Л. Збірник доповідей учасників VII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Екологія – філософія існування людства». 2021. С. 165-167.

60. Трансформація рослинного покриву та зміна екологічних умов під впливом насаджень *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в Національному природному парку «Подільські Товтри» / І. О. Одукалець та ін. *Український ботанічний журнал*. 2018. Т. 75, № 1. С. 59–69.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Результати дослідження морфометричних показників хвої

Показник	Вознесенівський район									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна кількість досліджуваних хвоїнок	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Кількість хвоїнок із плямами	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із плямами	10	0	0	20	0	0	0	0	0	0
Кількість хвоїнок із усиханням	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із усиханням	0	0	0	20	0	10	0	0	0	0
Показник	Олександрівський район									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна кількість досліджуваних хвоїнок	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Кількість хвоїнок із плямами	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
Відсоток хвоїнок із плямами	0	0	0	0	0	0	20	10	0	0
Кількість хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Показник	Комунарський район									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна кількість досліджуваних хвоїнок	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Кількість хвоїнок із плямами	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Відсоток хвоїнок із плямами	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0
Кількість хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Показник	Шевченківський район									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна кількість досліджуваних хвоїнок	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Кількість хвоїнок із плямами	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0

Відсоток хвоїнок із плямами	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0
Кількість хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Показник	Заводський район									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна кількість досліджуваних хвоїнок	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Кількість хвоїнок із плямами	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Відсоток хвоїнок із плямами	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Кількість хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Показник	Правий берег									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна кількість досліджуваних хвоїнок	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Кількість хвоїнок із плямами	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із плямами	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кількість хвоїнок із усиханням	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із усиханням	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0
Показник	о.Хортиця									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна кількість досліджуваних хвоїнок	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Кількість хвоїнок із плямами	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із плямами	10	0	0	20	0	0	0	0	0	0
Кількість хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Відсоток хвоїнок із усиханням	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0

Додаток Б

Зображення відібраних проб хвої на досліджуваних ділянках



Правий берег

Острів Хортиця



Заводський район

Вознесенівський район



Шевченківський район

Олександрівський район



Комунарський район