

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Інститут механічної інженерії та транспорту

Кафедра хімічної техніки та промислової екології

Спеціальність 101 Екологія

Освітня програма Інженерна екологія

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «Дослідження викидів автотранспорту на стан атмосферного повітря
методом біогеохімічної індикації»

Виконав здобувач 4 курсу, групи МІТ-121,
Денис ШИНКАРЕНКО

Керівниця Антоніна САКУН

Рецензентка Світлана КРИВІЛЬОВА

Нормоконтроль Світлана КРИВІЛЬОВА

Харків 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Інститут механічної інженерії і транспорту
Кафедра хімічної техніки та промислової екології
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 101 Екологія
Освітня програма Інженерна екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ШЕСТОПАЛОВ

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Шинкаренко Денису Сергійовичу

1 Тема роботи «Дослідження викидів автотранспорту на стан атмосферного повітря методом біогеохімічної індикації»

Керівниця роботи Сакун Антоніна Олегівна, доктор філософії, доцент
затверджені наказом закладу вищої освіти від 21 квітня 2025 р. № 581 СТ

2 Термін подання здобувачкою роботи 10.06.2025 р.

3 Вихідні дані до роботи: наукові публікації, інтернет ресурси, самостійно зібраний матеріал.

4 Перелік питань, які потрібно розробити в кваліфікаційній роботі. Вивчити та описати основні джерела забруднення навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря міста Харкова; провести аналіз наукової та методичної літератури за тематикою дослідження; проаналізувати результати моніторингу стану атмосферного повітря на перехрестях м. Харкова;

5 Перелік графічного матеріалу: рисунки, таблиці.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування	Верютіна В.Ю., старший викладач		
Охорона праці та навколишнього середовища	Твердохлебова Н.Є., доцент		

7 Дата видачі завдання 03.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Постановка проблеми на завдань проєкту	03.03.2025	
2	Добір і опрацювання джерел інформації	11.03.2025	
3	Виконання пояснювальної записки	14.05.2025	
4	Виконання графічної частини	01.06.2025	
5	Складання відомості документів	04.06.2025	
6	Подання роботи на рецензію	05.06.2025	
7	Подання роботи на допуск до захисту	10.06.2025	
8	Захист роботи	15.06.2025	

Здобувач

Денис ШИНКАРЕНКО

Керівник роботи

Антоніна САКУН

РЕФЕРАТ

Ключові слова: АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, АВТОТРАНСПОРТ, БІОГЕОХІМІЧНА ІНДИКАЦІЯ, ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ, СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.

Об'єкт дослідження: стан атмосферного повітря, в зонах транспортних перехресть м. Харків, що зазнає впливу викидів автотранспорту.

Мета роботи: оцінити вплив викидів автотранспортних засобів на стан атмосферного повітря в міському середовищі за допомогою біогеохімічної індикації, використовуючи листя тополі як природний акумулятор забруднюючих речовин.

Завдання:

1. Проаналізувати основні джерела забруднення атмосферного повітря в місті Харкові, пов'язані з автотранспортом.;
2. Провести огляд наукових та методичних джерел щодо використання біогеохімічних методів у моніторингу стану повітря;
3. Здійснити відбір зразків листя тополі з різних перехресть міста Харкова з різною інтенсивністю транспортного навантаження;
4. Провести просторову оцінку розподілу елементів та виявити найбільш забруднені ділянки міста.
5. Надати рекомендації щодо використання біоіндикації для цільового моніторингу атмосферного повітря у містах.

ABSTRACT

Keywords: atmospheric air, motor vehicles, biogeochemical indication, chemical elements, air quality.

Object of the study: the state of atmospheric air in the areas of traffic intersections in the city of Kharkiv, which is affected by motor vehicle emissions.

Aim of the study: to assess the impact of motor vehicle emissions on the quality of atmospheric air in the urban environment using biogeochemical indication, with poplar leaves as a natural accumulator of pollutants.

Objectives:

1. To analyze the main sources of atmospheric air pollution in the city of Kharkiv related to motor vehicles;
2. To review scientific and methodological literature on the use of biogeochemical methods for air quality monitoring;
3. To collect samples of poplar leaves from various traffic intersections in Kharkiv with different levels of transport intensity;
4. To perform spatial assessment of the distribution of elements and identify the most polluted areas of the city;
5. To provide recommendations on the use of bioindication for targeted monitoring of atmospheric air in urban areas.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Природні умови району дослідження	5
1.1 Фізико-географічна характеристика	5
1.2 Кліматична характеристика	7
1.3 Геологічна будова та рельєф	8
1.4 Гідрологічна характеристика	10
1.5 Ґрунтовий покрив	11
1.6 Рослинність та тваринний світ	12
2 Геологічна характеристика м. Харків	14
2.1 Стан атмосферного повітря	14
2.2 Склад поверхневих та підземних вод	24
2.3 Склад ґрунтового покриву	25
3 Об'єкти та методи дослідження	28
3.1 Вибір об'єкту дослідження	28
3.2 Методика пробовідбору	28
3.3 Методи пробопідготовки та лабораторних досліджень	29
3.3.1 Атомно-абсорбційна спектрометрія	29
3.3.2 Інструментальний аналіз	29
3.4 Методика обробки результатів	31
4 Склад атмосферного повітря на перехрестях м. Харків за даними елементного аналізу листя тополі	33
4.1 Зольність листя тополя	33
4.2 Біогеохімічна характеристика досліджуваної території	35
4.2.1 Особливості накопичення Hg в листях тополя	36
4.2.2 Особливості накопичення хімічних елементів в листях тополя	37
5 Еколого-економічна ефективність запропонованих заходів	39
6 Охорона праці та навколишнього середовища	45
Висновки	53
Список джерел інформації	54

ВСТУП

Розвиток промисловості та урбанізації призводить до зміни складу геосферних оболонок Землі. Ці зміни сприяють посиленню геоecологічних проблем територій та негативно впливають на стан здоров'я населення.

Забруднення атмосферного повітря великих міст пов'язане з надмірною концентрацією населення, автомобільного транспорту та промислових підприємств на їхніх територіях.

В Україні, починаючи з 2020 року, спостерігається тенденція до збільшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Найбільшу частку в загальному обсязі викидів складають рухомі джерела забруднення. Так, у 2021 році викиди від стаціонарних джерел порівняно з 2020 роком збільшилися на 0,3%, від автотранспорту на 2,1%, а від залізничного транспорту – на 5,7% (163,1 тис. т) [9, 28].

Найбільше забруднення атмосферного повітря спостерігається у таких містах, як Дніпро (99,5% викидів від стаціонарних джерел), Київ (94% від рухомих джерел) та Львів (82% від рухомих джерел). Харків займає 8 місце за обсягом викидів забруднюючих речовин серед усіх міст, обсяг яких близький до викидів у м. Одеса, м. Миколаїв та м. Полтава. Приблизно 48% від загального обсягу викидів в атмосферне повітря м. Харкова спричиняє автомобільний транспорт.

1 ПРИРОДНІ УМОВИ РОЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Фізико-географічна характеристика

Місто Харків розташоване на північному сході України, в межах Лівобережного Лісостепу, у південній частині Середньоруської височини. Воно є адміністративним центром Харківської області та одним із найбільших промислових, наукових і культурних центрів України (рис.1.1).

Місто знаходиться на перетині важливих транспортних шляхів, що сприяє його економічному розвитку та зв'язку з іншими регіонами (рис. 1.2). Рельєф Харкова переважно рівнинний, з незначними висотами, що розташовані на вододілі річок Лопань, Уди та Харків, які протікають через місто. Клімат помірно континентальний, із чітко вираженими порами року: теплим літом та холодною зимою [1].

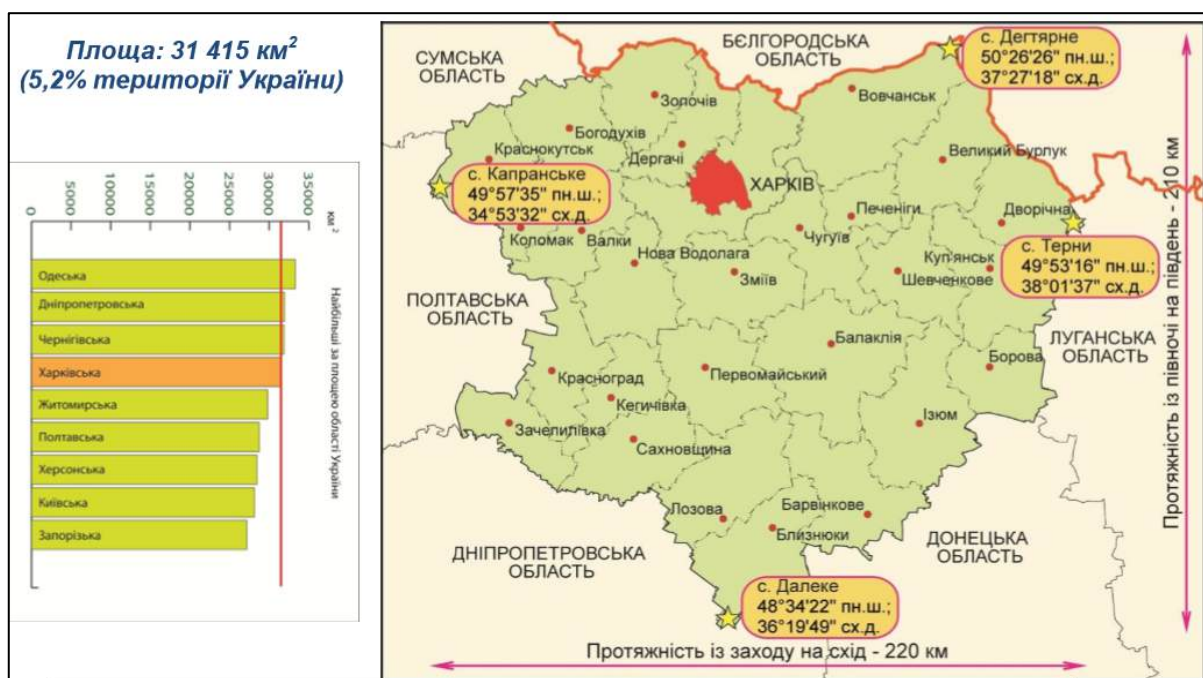


Рисунок 1.1 Фізико-географічна характеристика м. Харків

Середньорічна температура повітря становить близько +8°C. Зима характеризується середніми температурами близько -5°C, іноді спостерігаються сильні морози, а літо тепле, з середніми показниками

+20...+25°C. Опади рівномірно розподілені протягом року, їх середньорічна кількість становить близько 500–550 мм. Харків багатий на природні ресурси, зокрема водні, ґрунтові та лісові. У місті багато парків, скверів і зелених зон, що сприяє підтриманню екологічної рівноваги. Найбільшими природними об'єктами є парк Горького, Лісопарк, Саржин Яр та Ботанічний сад.

Харківська область

Назва	Населення (тис.осіб)
Богодухівський	128,4
Ізюмський	181,6
Красноградський	108,9
Куп'янський	137,2
Лозівський	154,6
Харківський	1762,8
Чугуївський	202,2

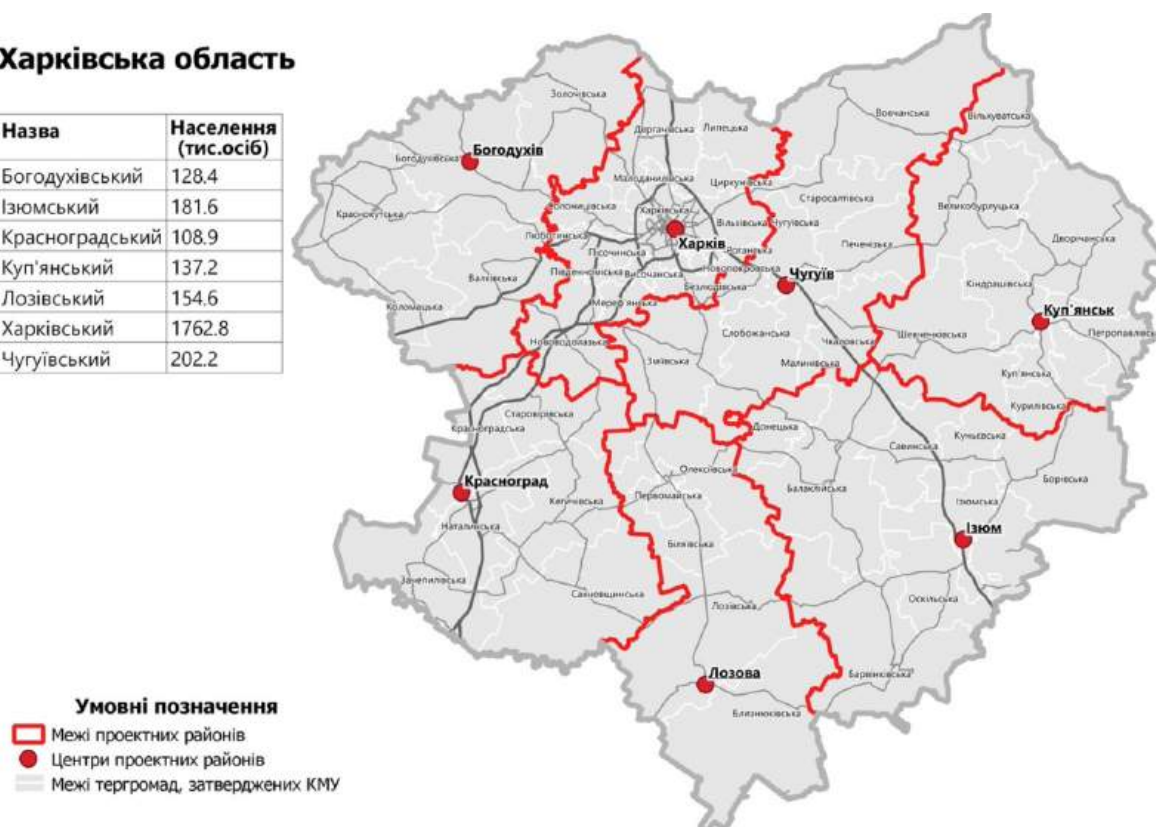


Рисунок 1.2 Карта адміністративного розподілу Харківської області

Місто також відоме своєю розвинутою промисловістю, особливо в галузях машинобудування, енергетики, приладобудування та легкої промисловості. Харків є великим освітнім центром України, тут розташовані відомі університети, науково-дослідні інститути та академічні установи, які формують потужний інтелектуальний потенціал регіону. Місто також має багату культурну спадщину: тут діють численні театри,

музеї, художні галереї та культурні центри, що робить Харків важливим осередком мистецького та культурного життя країни.

1.2 Кліматична характеристика м. Харків

Місто Харків розташоване в зоні помірно континентального клімату, який характеризується чітко вираженими порами року, помірно теплим літом та холодною зимою. Середньорічна температура повітря становить близько $+8^{\circ}\text{C}$. Найхолодніший місяць — січень, із середньою температурою -5°C , хоча під час сильних морозів температура може опускатися до -20°C і нижче. Найтепліший місяць – липень, середня температура якого становить $+21^{\circ}\text{C}$, але в окремі дні вона може підніматися до $+35^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.3)

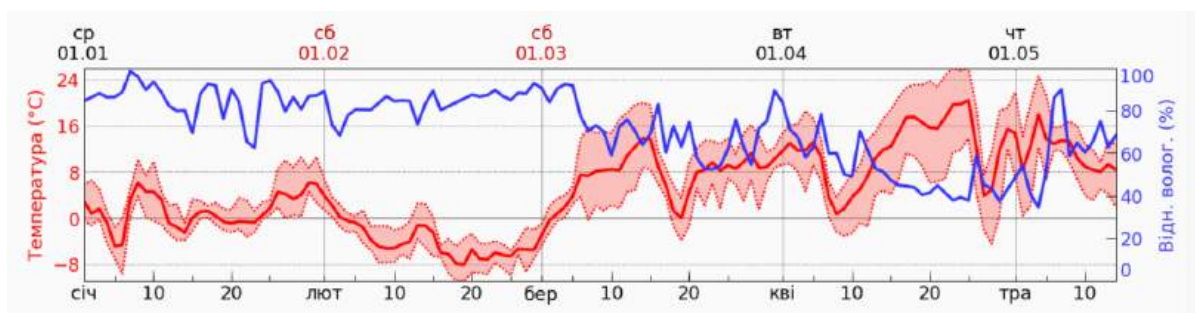


Рисунок 1.3 – Графік динаміки температур в м. Харків (2025 р.)

Опади в Харкові розподіляються відносно рівномірно протягом року, їх середньорічна кількість складає приблизно 500–550 мм (рис. 1.4).

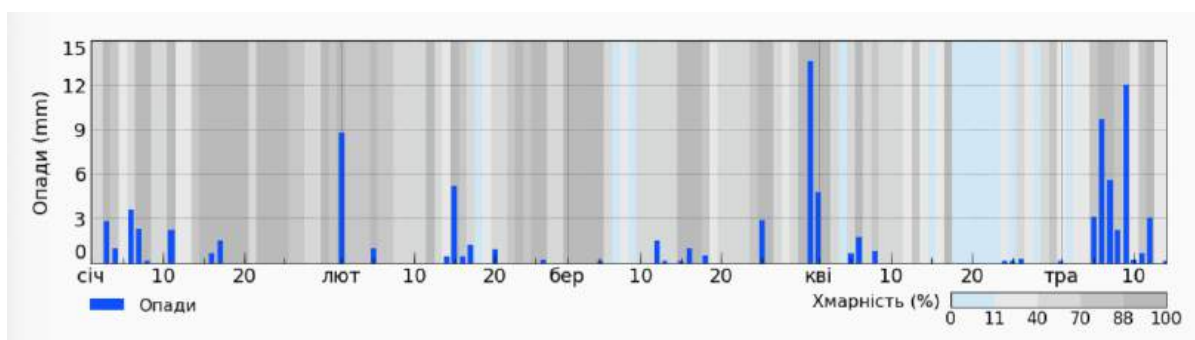


Рисунок 1.4 – Кількість опадів, м. Харків (2025 р.)

Найбільша кількість опадів випадає влітку, переважно у вигляді дощів, часто з грозами. Восени опади помірні, але поступово зростають у вигляді дощів. Зима зазвичай супроводжується снігопадами, однак кількість снігу може суттєво варіювати з року в рік. Весною характерні дощі та відлига, що сприяє швидкому таненню снігу та насиченню ґрунту вологою [2].

Харків розташований у зоні лісостепу, що впливає на помірний характер клімату. Переважаючі вітри – північно-західні та західні, що приносять вологі повітряні маси з Атлантики. У зимовий період інколи спостерігаються сильні східні вітри, які приносять холодне повітря з Сибіру (рис.1.5).

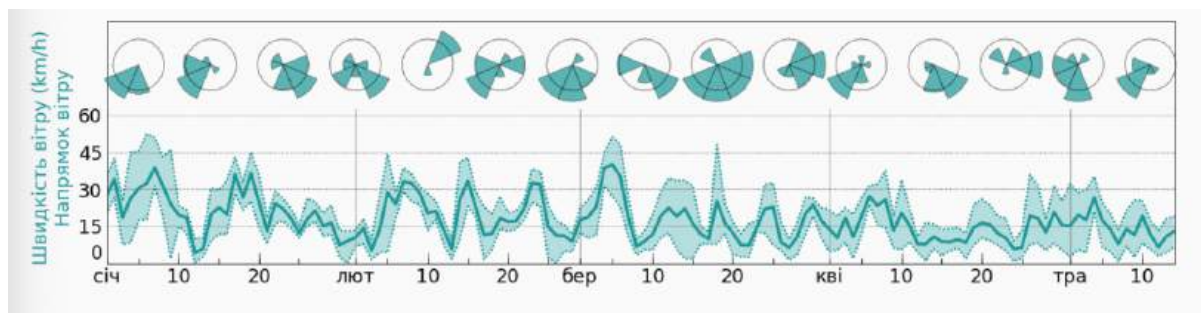


Рисунок 1.5 – Швидкість вітру, м. Харків (2025 р.)

Кліматичні умови Харкова сприятливі для розвитку сільського господарства, промисловості та комфортного проживання населення. Однак в останні роки спостерігаються прояви кліматичних змін, зокрема підвищення середньорічної температури, більш часті посухи влітку та нетипові погодні явища взимку [3].

1.3 Геологічна будова та рельєф

Місто Харків розташоване в межах Східноєвропейської платформи, яка характеризується стабільністю та відсутністю активної тектонічної діяльності. Основу геологічної будови міста та його околиць складають докембрійські кристалічні породи, що залягають на значних глибинах (приблизно 3000–4000 м). Вище знаходяться осадові породи палеозойської,

мезозойської та кайнозойської ери, представлені вапняками, пісковиками, мергелями, глинами та пісками. Найбільш поширеними є відклади четвертинного періоду, що утворилися внаслідок водно-льодовикових та річкових процесів (рис. 1.6).

Рельєф Харкова переважно рівнинний з незначними коливаннями висот. Середня висота міста над рівнем моря становить близько 100–150 м. Найвищі точки розташовані на північному заході та південному сході міста, де висота сягає 200 – 205 м. Найнижчі ділянки розташовані в долинах річок Лопань, Уди та Харків, де висота місцевості опускається до 90 – 95 м.

Територія міста перетинається численними балками та ярами, що формують характерний для лісостепової зони ландшафт. Долини річок мають терасову будову з вираженими заплавами, що періодично затоплюються під час весняних паводків [4].



Рисунок 1.6 – Геологічна будова та рельєф України

В окремих районах, особливо на околицях міста, поширені карстові форми рельєфу, утворені розчиненням вапняків і пісковиків під дією підземних вод.

Геологічна будова та рельєф Харкова сприяють розвитку сільського господарства, будівництва та промисловості, але також потребують

постійного моніторингу для запобігання зсувам, ерозії та підтопленням у долинах річок.

1.4 Гідрологічні характеристики

Харків розташований у басейні річки Сіверський Донець, яка є основною водною артерією регіону. Територією міста протікають кілька річок: Лопань, Харків, Уди та Немишля. Всі вони належать до басейну Сіверського Дінця і є його правими притоками.

Річка Лопань бере свій початок у Белгородській області та тече на південь через Харків, де зливається з річкою Харків. Довжина Лопані становить близько 96 км, з яких близько 30 км проходять через територію міста. Ширина річки коливається від 10 до 20 метрів, залежно від ділянки.

Річка Харків починається в межах міста Дергачі і тече на південь, де впадає в Лопань у центральній частині Харкова. Довжина річки — приблизно 70 км. У межах міста річка частково каналізована, її береги укріплені для запобігання ерозії [5].

Річка Уди є найбільшою з річок, що протікають через місто. Вона починається в Харківській області та проходить через східну частину міста. Її довжина становить близько 164 км. У межах міста річка має широку заплаву, що періодично затоплюється під час паводків [6].

Річка Немишля є меншою за розмірами, її довжина складає близько 11 км. Вона протікає через східну частину міста і є притокою річки Уди.

Крім річок, у Харкові розташовано кілька штучних водойм, найбільші з яких: Журавлівське, Олексіївське та Лозівське водосховища. Ці водойми використовуються для рекреаційних цілей, водопостачання та рибальства.

Підземні води на території міста представлені ґрунтовими водами та артезіанськими горизонтами. Найбільш значущими є джерела питної води в районі Саржиного Яру, де облаштовані спеціальні бювети для мешканців міста [7].

Гідрологічна мережа Харкова відіграє важливу роль у забезпеченні міста водними ресурсами, але водночас є чутливою до забруднень від промислових та побутових стоків. Це потребує постійного моніторингу та впровадження природоохоронних заходів [8].

1.5 Ґрунтовий покрив

Ґрунтовий покрив міста Харків та його околиць є частиною Лівобережного Лісостепу України і характеризується переважанням родючих чорноземів, які займають більшу частину території. Основні типи ґрунтів, що зустрічаються в цьому регіоні, включають: типові чорноземи, опідзолені чорноземи, лучні та лучно-чорноземні ґрунти, дерново-підзолисті ґрунти та алювіальні ґрунти у заплавах річок [9].

Чорноземи типові є найбільш поширеними ґрунтами на території Харкова. Вони характеризуються високим вмістом гумусу (до 5 – 6%), добре розвиненою структурою та високою родючістю. Ці ґрунти відзначаються високою вологоємністю, що сприяє доброму росту сільськогосподарських культур. Чорноземи опідзолені також зустрічаються в регіоні, але в меншій кількості. Вони мають трохи менший вміст гумусу та світліший колір через вимивання деяких мінеральних речовин у процесі опідзолення (рис. 1.7).

Лучні та лучно-чорноземні ґрунти розташовані переважно у заплавах річок Лопань, Уди та Харків. Вони утворюються в умовах періодичного затоплення, мають високий вміст органічних речовин і вологу структуру, що робить їх сприятливими для пасовищ та сінокосів [10-13].

Дерново-підзолисті ґрунти трапляються на підвищеннях, переважно у північних і північно-східних районах міста. Вони формуються під лісовою рослинністю і характеризуються середньою родючістю, вимагають додаткового удобрення при використанні в сільському господарстві.



Рисунок 1.7 – Типи ґрунтів на території України

Алювіальні ґрунти розташовані в заплавах річок та характеризуються великою кількістю наносів, принесених паводками. Вони містять пісок, мул, глину і мають різноманітний мінеральний склад. Ці ґрунти використовуються під сільськогосподарські угіддя, зокрема для вирощування овочів і технічних культур [14].

Загалом ґрунтовий покрив Харкова є сприятливим для сільського господарства та озеленення міста, однак інтенсивна урбанізація та промислове забруднення можуть погіршувати його якість, що вимагає екологічного контролю та відновлення родючості.

1.6 Рослинний та тваринний світ

Місто Харків розташоване в межах Лівобережного Лісостепу, що визначає багатий та різноманітний рослинний і тваринний світ регіону.

Рослинний світ Харкова представлений як природними лісовими масивами, так і штучними насадженнями. У місті та його околицях зустрічаються мішані ліси, у складі яких переважають дуб, клен, липа, ясен, береза, вільха та сосна. Найбільшими лісовими масивами є Лісопарк, П'ятихатки та Олексіївський ліс. Уздовж річок ростуть верба, тополя, в'яз, осокир. Значну частину території міста займають парки та сквери: Центральний парк, Саржин Яр, Ботанічний сад ХНУ ім. В.Н. Каразіна та багато інших. Ці зелені зони відіграють важливу роль у підтримці екологічного балансу та є популярними місцями відпочинку містян [15].

На околицях міста розташовані луки та степові ділянки, де збереглися природні трав'янисті угруповання з такими видами, як ковила, типчак, мітлиця, полин, конюшина та звіробій. У водно-болотних зонах вздовж річок ростуть очерет, рогіз, ситник та осока.

Тваринний світ Харкова також є різноманітним. У лісових масивах міста мешкають зайці, білки, лисиці, їжаки, куниці, борсуки. На відкритих луках та полях можна зустріти полівок, ховрахів, мишей. Уздовж річок мешкають ондатри, видри та інші водяні тварини.

Орнітофауна представлена великою кількістю птахів, серед яких найпоширенішими є синиці, горобці, ворони, сойки, сороки, дятли та голуби. У лісах можна зустріти яструбів, соколів та сов. У прибережних зонах мешкають дикі качки, чаплі, лиски та мартинки.

Водойми Харкова також насичені життям: у річках і ставках водяться карась, окунь, короп, щука, лящ та інші види риби. У заболочених ділянках можна зустріти жаб, тритонів та вужів.

Завдяки численним паркам, скверам та лісопарковим зонам, Харків зберігає біологічне різноманіття в умовах урбанізованого середовища, проте зростання міської інфраструктури та промисловості створюють загрозу для окремих видів, що потребує відповідних заходів для збереження екологічного балансу.

2 ГЕОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА М. ХАРКІВ

Екологічна ситуація в м. Харків складається в результаті тісного розташування на обмеженій площі зон житлової забудови, великих промислових підприємств м. Харків, а також інтенсивного зростання автомобілізації. Ці фактори, у поєднанні з близькістю до промислових зон та виробничих підприємств, обумовлюють забруднення компонентів навколишнього середовища [16].

2.1 Стан атмосферного повітря

Харків – один із найбільших промислових центрів на сході України. На його території значна частина промислових виробництв розташована поблизу зон житлової забудови. На якість атмосферного повітря в місті суттєво впливає діяльність понад 300 промислових підприємств.

Джерела забруднення атмосферного повітря міста можна поділити на стаціонарні (підприємства, житлові об'єкти) та пересувні (автотранспорт). Найбільший внесок у обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у м. Харків здійснюють підприємства різних галузей [17].

Підприємства теплоенергетичної галузі. До цієї галузі належать Харківська ТЕЦ-5, ТЕЦ-3, ТЕЦ-2 та Північна котельня, які входять до складу АТ «Харківська генерація». Вони забезпечують місто тепловою та електричною енергією, але також є суттєвими джерелами викидів у атмосферу (рис. 2.1).

Підприємства нафтохімічної та хімічної промисловості. У Харкові розташовані великі виробництва, такі як АТ «Харківгаз», ПрАТ «Хімпром», ПрАТ «Фармак» та інші підприємства, що займаються виробництвом хімічних речовин, фармацевтичної продукції та переробкою нафтопродуктів [18].

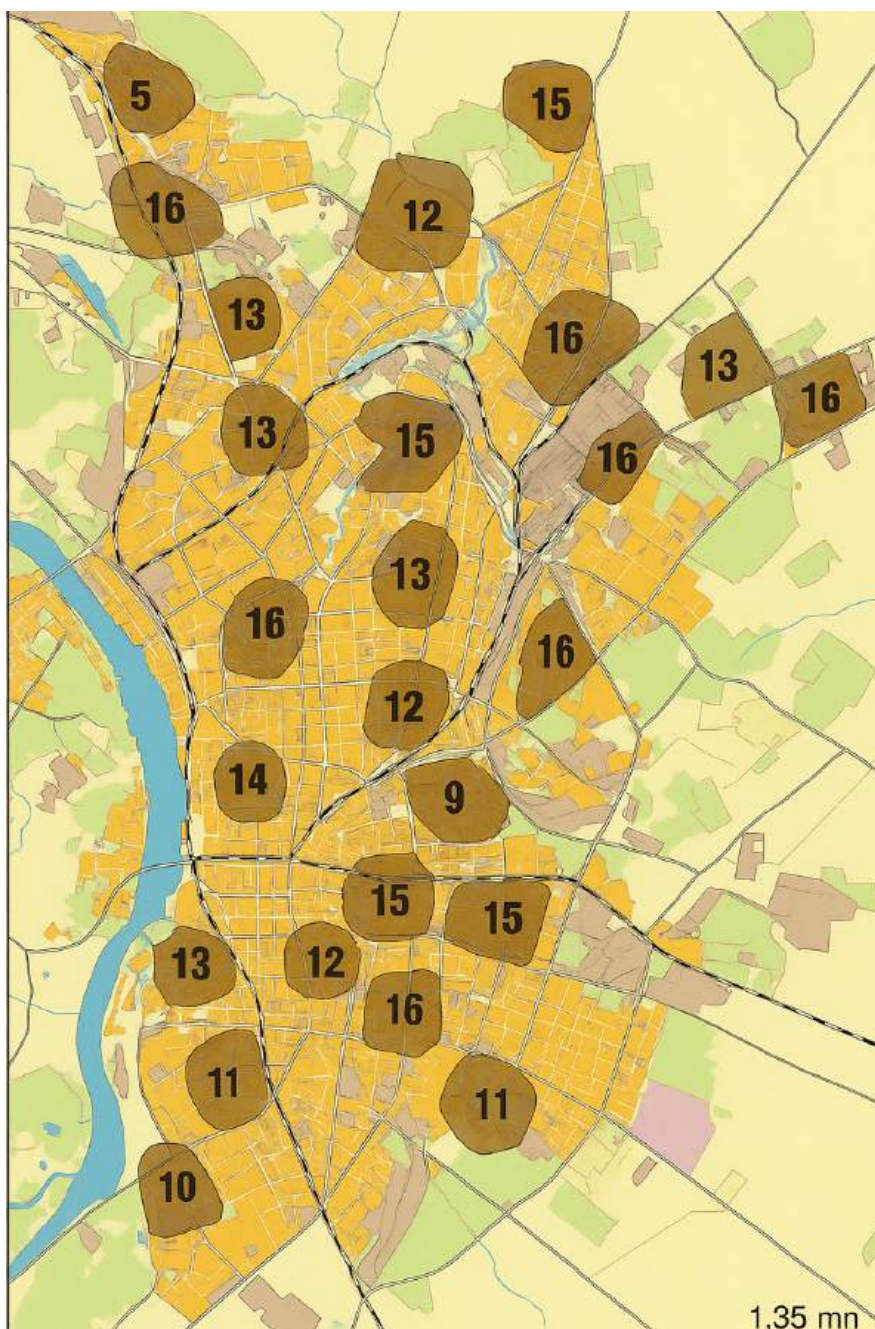


Рисунок 2.1 – Основні промислові підприємства м. Харків

Підприємства машинобудівної галузі. Серед підприємств машинобудування слід відзначити ПрАТ «Харківський електротехнічний завод», ПрАТ «ХТЗ» (Харківський тракторний завод), ПрАТ «Турбоатом», АТ «Електроважмаш» та ПрАТ «Харківський підшипниковий завод». Ці підприємства є ключовими у виробництві промислового обладнання,

електротехніки та транспортних засобів, проте їхня діяльність супроводжується значними викидами забруднюючих речовин [19].

Велика концентрація промислових об'єктів у межах міста та прилеглих районах створює серйозне екологічне навантаження, особливо на атмосферне повітря. Це потребує впровадження сучасних систем очищення викидів, моніторингу стану довкілля та використання екологічно безпечних технологій виробництва.

Підприємства будівельної індустрії. Основними підприємствами цієї галузі у м. Харків є ПрАТ «Харківський завод будівельних матеріалів», ТОВ «Харківбетон», ПрАТ «Завод ЗБК №15». Вони займаються виробництвом будівельних матеріалів, зокрема бетону, цегли, керамічних виробів, а також елементів для зведення житлових та промислових об'єктів.

Підприємства деревообробної галузі. Ця галузь широко розвинена як на території міста, так і в області, що обумовлено наявністю лісових ресурсів у прилеглих районах. Основні підприємства Харкова, що займаються деревообробкою, включають ПрАТ «Харківліс», ТОВ «Харківський деревообробний завод», ПрАТ «Меблі-Харків», а також дрібні підприємства з виробництва меблів та будівельних дерев'яних конструкцій.

Підприємства харчової промисловості. До великих підприємств харчової галузі у місті належать ПрАТ «Харківська бісквітна фабрика», ТОВ «Харківський м'ясокомбінат», ПрАТ «Житомирські ласощі» (філіал у Харкові), ПрАТ «Харківпиво». Ці виробництва займаються виготовленням кондитерських виробів, м'ясної продукції, пива та інших харчових продуктів (2.2).

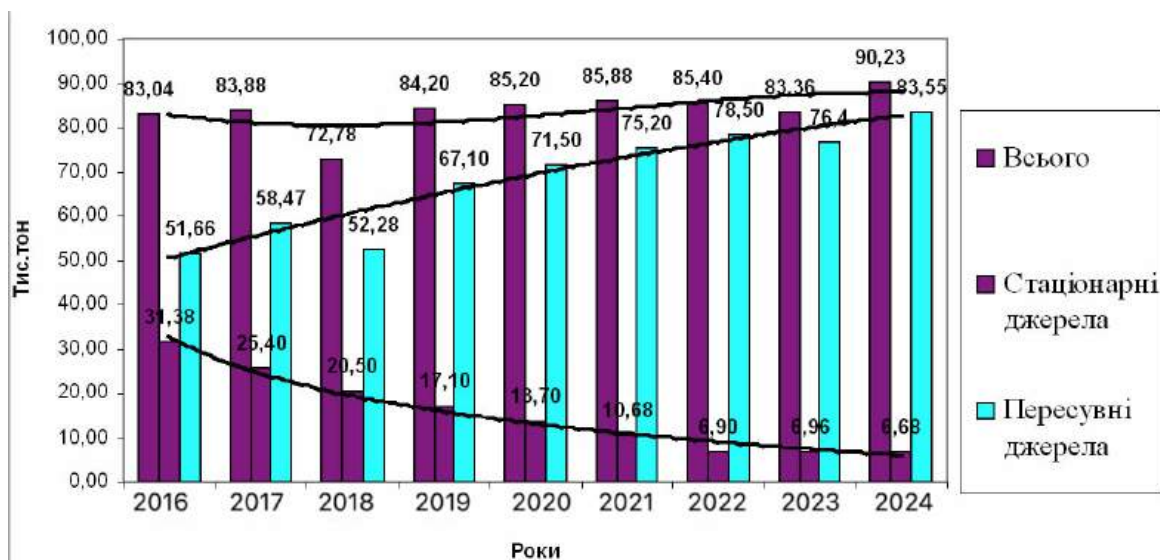


Рисунок 2.2 – Викиди забруднюючих речовин від стаціонарних та пересувних джерел в 2016 – 2024 рр.

Викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел м. Харків у 2023 році на 0,08 тис. тонн перевищують обсяги викидів за 2022 рік, однак із 2015 року спостерігається тенденція до поступового зменшення викидів завдяки впровадженню сучасних систем очищення та екологічного моніторингу. Проте інтенсивна урбанізація та зростання промислового виробництва потребують подальшого розвитку екологічно безпечних технологій для забезпечення стабільної екологічної ситуації в регіоні [20].

Важливу роль у формуванні рівня забруднення атмосферного повітря в місті Харків відіграють вихлопні гази автотранспорту, що надходять у приземний шар повітря, де вони можуть становити найбільшу небезпеку для здоров'я населення. Одним із джерел викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту є відпрацьовані гази автомобілів, склад яких залежить від низки факторів: типу двигуна та пального, режиму роботи та навантаження, технічного стану автомобіля та якості пального [21].

Досліджено понад 200 компонентів, що входять до складу відпрацьованих газів автомобільного транспорту. За обсягом найбільшу частку становлять оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NOx), незгорілі

вуглеводні, альдегіди та зважені речовини. У складі зважених речовин, що утворюються під час згоряння нафтопродуктів, міститься широкий спектр металів, таких як Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn, Mn, V та неметалів — As, Se.

Однак, згідно з низкою досліджень, із покращенням якості пального та розвитком технологій у будові двигунів, до 2020 року близько 90% викидів автотранспорту буде пов'язано з "невихлопними" джерелами. До таких джерел належать емісії від зносу гальмівних колодок, стирання шин та дорожніх покриттів [22].

Хімічний склад часток, що утворюються в результаті зносу гальмівних колодок і стирання шин, є різноманітним та залежить від матеріалів і технологій виробництва. Знос гальмівних колодок є джерелом таких елементів, як Pb, Sb, Fe, Mn, Cu, Ti, Zn, тоді як стирання шин спричиняє викид Pb, Cd, Sb, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu та Zn. Також знос підшипників може бути джерелом надходження Sn, Pb, Sb, Cu, Cd, Ni, As.

Пил є ще одним забруднювачем приземного шару атмосферного повітря, який утворюється в результаті змішування продуктів зносу дорожніх покриттів та автомобільних шин зі зваженими частинками відпрацьованих газів. Аналіз часток розміром менше 10 мкм (PM10) показав, що дорожній пил включає сотні органічних сполук різного походження, таких як вивітрені матеріали дорожнього покриття, вихлопні гази дизельних та бензинових двигунів, мастила, залишки шин і гальмівних колодок, а також атмосферно осаджені матеріали від викидів, не пов'язаних з автотранспортом [23].

Хімічний склад пилу залежить від матеріалів дорожнього покриття. Основним покриттям для міських магістралей є асфальтобетон. Згідно з літературними даними, пил, що утворюється внаслідок зносу доріг із твердим покриттям, містить близько 90-95% алюмосилікатів. До складу також входять продукти зносу бітумовмісних матеріалів, 5-10% часток

фарби або пластику від розмітки дороги, 3% – поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАУ), діоксини та фурани.

Забруднення атмосферного повітря від автомобільного транспорту найбільше спостерігається у місцях із високою концентрацією транспортних потоків у місті Харків. Такими місцями є перехрестя великих магістральних вулиць міста, де спостерігається найбільша інтенсивність руху [24].

Моніторинг якості атмосферного повітря в м. Харків здійснюється Державною екологічною інспекцією та комплексними лабораторіями моніторингу забруднення навколишнього середовища Харківського обласного центру з гідрометеорології на основі даних із постів спостереження, розташованих у найбільш завантажених транспортом районах міста. Ці дослідження дозволяють визначати рівень забруднення та розробляти ефективні заходи для його зменшення (рис. 2.3).

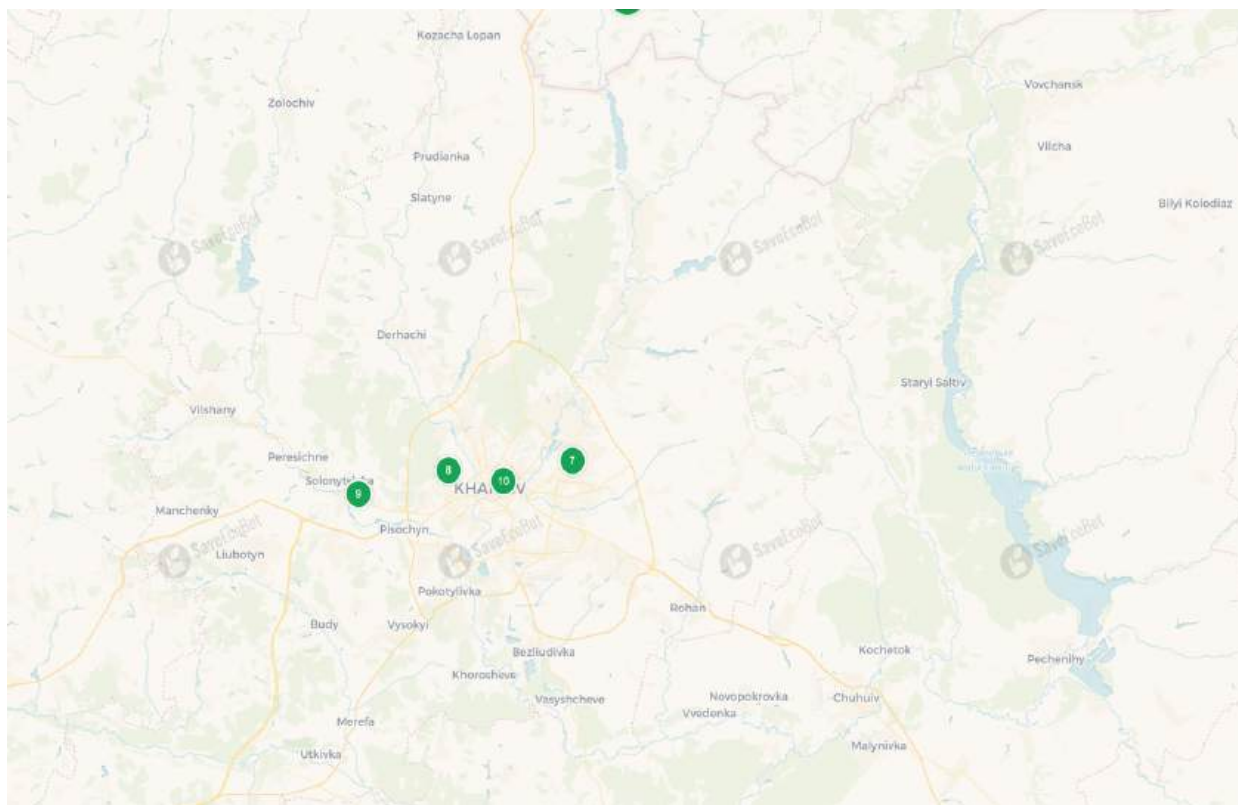


Рисунок 2.3 – Інтерактивна карта якості повітря в м. Харків

Відповідно до місця розташування, пости мережі моніторингу забруднення атмосферного повітря у місті Харків поділяються на «фонові міські», розташовані в житлових кварталах Салтівського району – пост № 14; «промислові», розміщені поблизу великих джерел викидів у Індустріальному, Московському та Київському районах – пости № 5, 11, 13, а також у смт. Пісочин – пост № 12; «автотранспортні», що знаходяться поруч із транспортними магістралями – Московський район – пост № 2.

Під час спостережень за станом атмосферного повітря на постах оцінюється вміст 12 речовин: оксид вуглецю, формальдегід, сірчистий ангідрид (діоксид сірки), оксиди азоту, хлористий водень, зважені речовини, сірководень, сажа, аміак, фенол, метанол та бенз(а)пірен [25].

Концентрації діоксиду сірки. У м. Харків за даними 2023 року середня та максимальна разова концентрації діоксиду сірки не перевищували гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Концентрації зважених речовин. Середньорічна концентрація в середньому по місту склала 0,7 ГДК. Найбільше забруднення зваженими речовинами виявлено в Шевченківському районі (пост № 5), де зафіксовані найбільші показники середньорічної концентрації (1,3 ГДК), максимально разової (8,8 ГДК у квітні) та найбільша повторюваність перевищень ГДК (7,0%) [26].

Концентрації оксиду вуглецю. Середня за рік концентрація оксиду вуглецю становила 0,4 ГДК. Максимальне з разових перевищень (8,2 ГДК у квітні) та найбільша повторюваність (2,7%) зафіксовані в Київському районі (пост № 5).

Концентрації діоксиду/оксиду азоту. У середньому по місту спостерігаються перевищення середньорічних концентрацій діоксиду азоту в 1,1 рази. Найбільші перевищення у 1,5 рази та повторюваність у 0,6% відмічені в Індустріальному районі (пост № 5). Максимальне разове перевищення (3,4 ГДК) було зафіксовано в Київському районі (пост № 13).

Середньорічні та максимальні разові концентрації оксиду азоту в середньому по місту і постах нижчі за ГДК.

Концентрації бенз(а)пірену. Середньорічна концентрація бенз(а)пірену склала 0,4 ГДК. Максимальне перевищення ГДК за середньомісячними показниками у 2,4 рази спостерігалось у січні.

Концентрації сірководню. Спостереження за вмістом сірководню в атмосферному повітрі проводяться в Шевченківському районі (пост № 5). Випадків перевищення допустимих санітарних норм не зафіксовано.

Концентрації фенолу. Середньорічна концентрація фенолу по місту становила 0,3 ГДК. У Київському районі (пост № 2) зафіксоване максимальне перевищення ГДК у 3,1 рази [27].

Концентрації сажі. Середньорічна концентрація сажі по місту і постах не перевищує ГДК. У Шевченківському районі (пост № 2) зафіксоване максимальне перевищення ГДК у 2,4 рази.

Концентрації хлористого водню. Середньорічна концентрація хлористого водню склала 0,5 ГДК. В Київському районі (пост № 5) зафіксовано максимальне разове перевищення ГДК у 8,5 рази (у березні).

Концентрації аміаку. Середньорічна концентрація аміаку та максимальні разові значення нижчі за ГДК.

Концентрації формальдегіду. Середньорічна концентрація формальдегіду по місту перевищує ГДК у 1,3 рази. У Київському районі (пост № 11) зафіксовано максимальне разове перевищення у 4,3 рази, тоді як у Київському районі (пост № 13) відмічена найбільша повторюваність перевищень ГДК (6,1%) [28].

Концентрації метанолу. Спостереження за вмістом метанолу в атмосферному повітрі проводяться в смт. Пісочин (пост № 12), де середньорічна концентрація перевищує ГДК у 1,1 рази. Максимальне разове перевищення ГДК у 4,3 рази спостерігалось у березні. Найбільша повторюваність перевищень ГДК склала 14,5%.

Окрім моніторингу якості атмосферного повітря на 6 стаціонарних постах Харківського обласного центру з гідрометеорології, спеціалістами відділу екологічного моніторингу здійснюються систематичні спостереження за якістю повітря в місцях масового відпочинку населення (Центральний парк, Саржин Яр, Лісопарк), у зонах впливу автотранспорту та на дитячих майданчиках. У зимовий період спостереження проводяться методом снігової зйомки, влітку – аналізуються проби атмосферного повітря [29].

Стан атмосферного повітря в місцях масового відпочинку та на дитячих майданчиках Харкова загалом оцінюється як сприятливий, однак, за даними 2023 року, були зафіксовані перевищення ГДК зважених речовин (пилу) в 1,2–2,2 рази на 6 із 21 спостережуваного майданчика. На 3 дитячих майданчиках зафіксовано перевищення ГДК фенолу: на вул. Сумській, 86 – у 1,8 рази, на проспекті Науки, 29 – у 1,1 рази та на Полтавському шляху, 37 – у 1,5 рази.

Зонами впливу автотранспорту є 15 напружених вуличних перехресть Харкова: проспект Науки – вул. Академіка Павлова, Московський проспект – вул. Героїв Праці, вул. Сумська – проспект Гагаріна, проспект Тракторобудівників – проспект Льва Ландау та інші, де регулярно вимірюються показники оксиду вуглецю, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду, свинцю, міді, зважених речовин, бензолу, бенз(а)пірену, хлористого водню [30].

Ці дані дозволяють ефективно оцінювати стан атмосферного повітря у місцях з високою концентрацією транспорту та планувати природоохоронні заходи для зменшення забруднення.

У 2024 році в м. Харків було зафіксовано перевищення ГДК діоксиду азоту на площі Конституції (№ 11) у 1,5 рази. У 2016 році перевищень не виявлено. Станом на 2024 рік перевищення концентрацій діоксиду азоту у 1,2–1,5 рази відзначалися на чотирьох перехрестях. У 2017 році на

перехресті пр. Науки та вул. Академіка Павлова (№ 3) було зафіксовано перевищення ГДК у 1,3 раза.

За даними на 2024 рік, на семи перехрестях спостерігалися перевищення ГДК зважених речовин у 1,5–3,2 раза. У 2015 році на 11 перехрестях перевищення становили 1,5–3,3 раза, а в 2014 році на 10 перехрестях – у 1,1–1,8 раза. За даними на 2017 рік, перевищення ГДК зважених речовин було відзначено на двох перехрестях у 1,1 раза.

За даними на 2024 рік, на семи перехрестях зафіксовані перевищення ГДК хлористого водню у 1,3–3,2 раза. Також перевищення виявлені на семи перехрестях у 2015 році в діапазоні 1,1–5,7 раза, з найбільшими показниками на перехресті пр. Московського та пр. Героїв Праці. У 2016 році перевищення ГДК у 1,1–2,1 раза були зафіксовані на двох перехрестях. Станом на 2017 рік, перевищення ГДК хлористого водню у 1,1–5,9 раза спостерігалися на 10 перехрестях, з максимальним показником майже у 6 разів на площі Конституції, на перехресті вул. Полтавський Шлях – пр. Гагаріна [28].

За іншими вимірюваними показниками у період з 2014 по 2017 рік перевищень ГДК не зафіксовано.

Для визначення рівня забруднення атмосферного повітря використовується комплексний показник – індекс забруднення атмосфери (ІЗА), який розраховується за значеннями середньорічних концентрацій. Відповідно до ІЗА, стан атмосферного повітря у м. Харків з 2012 року поступово покращується, оскільки показник знизився майже на 12 одиниць і склав 5,0. ІЗА у 2015 році в Харкові залишився на рівні 2014 року, що свідчить про підвищене забруднення атмосфери [26].

Підвищене забруднення атмосфери також спостерігалось у таких містах, як Дніпро, Запоріжжя, Кривий Ріг. Високий рівень забруднення повітря був у Маріуполі та Кам'янському. Низький рівень забруднення атмосфери фіксувався у містах Полтава, Чернігів, Ужгород.

2.2 Стан поверхневих та підземних вод

Моніторинг якості поверхневих вод у місті Харків здійснюється Харківським обласним центром з гідрометеорології, Державною екологічною інспекцією та місцевими органами охорони навколишнього середовища.

Якість води річки Лопань у Харкові вивчалася на ділянках вище та нижче міста, і оцінювалася за 14 інгредієнтами. Спостерігалися перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) за загальним залізом, хімічним споживанням кисню (ХСК), біохімічним споживанням кисню (БСК₅), нафтопродуктами, фенолами, амоній-іоном та нітрит-іоном.

За даними моніторингу за 2023 рік, на ділянці вище міста спостерігалось характерне забруднення нафтопродуктами та загальним залізом. Середній рівень забруднення був відзначений за фенолами; низький – за цинком, нітрит-іоном, амоній-іоном, БСК₅ та ХСК [18].

На ділянці нижче міста також виявлено характерне забруднення нафтопродуктами та загальним залізом. Середній рівень забруднення спостерігався за фенолами та нітрит-іоном; низький – за цинком, амоній-іоном, БСК₅ та ХСК.

На загальну оцінку ступеня забруднення води суттєво впливають нафтопродукти та загальне залізо. Порівняно з 2022 роком підвищився середній вміст нітрит-іона та біохімічного споживання кисню (БСК₅); знизився рівень забруднення нафтопродуктами, фенолами, цинком, міддю та загальним залізом.

Для оцінки якості поверхневих вод водойми поділяються за ступенем забрудненості на класи, що відповідають різним інтервалам питомого комбінаторного індексу забруднення води (ПКІЗВ). Згідно з величиною ПКІЗВ у 2023 році на ділянці вище міста (3,28) зафіксовано дуже забруднену воду (3 «Б» клас якості), на ділянці нижче міста (3,50) – також дуже забруднену воду (3 «Б» клас якості). Порівняно з попереднім роком

якість води на ділянці вище міста не змінилася, тоді як на ділянці нижче міста – покращилася (у 2022 році це був 4 «А» клас якості – брудна вода) [21].

Води більшості озер на території м. Харків відповідають класу якості 4 «А» – забруднена вода. Найбільш забрудненими є озера Олексіївське, Журавлівське та Лісопаркове, чії води відповідають 3 «Б» класу якості і характеризуються як дуже забруднені.

На території Харківської області джерелами води для систем господарсько-питного водопостачання є підземні водні горизонти, переважно палеогенових та палеозойських відкладів. Станом на 1 січня 2024 року було розвідано 94 родовища питних підземних вод із загальними запасами 729,833 тис. м³/добу.

В основному, використовувані для питного водопостачання води не відповідають гігієнічним нормативам за вмістом марганцю та заліза. Також на окремих родовищах виявлено перевищення за вмістом кремнію та аміаку, а також за показниками каламутності, загальної жорсткості та кольоровості [24].

2.3 Стан ґрунтового покриву

На склад ґрунтового покриву міста Харків найбільший вплив здійснює діяльність промислових підприємств, котелень і транспорту.

У 2022 році фахівцями ДУ «Харківський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України» проводилися спостереження за забрудненням ґрунтів токсикантами промислового походження (ТПП). У ході досліджень було визначено масові частки кислоторозчинних форм важких металів. За результатами аналізів, вміст свинцю та кадмію перевищував середні фонові значення, що свідчить про техногенне навантаження на урбоєкосистему міста та потребу в проведенні заходів з екологічного моніторингу й рекультивації забруднених територій. У місті

Харків дослідження елементного складу ґрунтів проводилися науковими установами у різні роки з метою оцінки техногенного навантаження на довкілля. Згідно з результатами досліджень, аналогічних до проведених співробітниками відділу геології, склад ґрунтів Харкова характеризується наявністю таких хімічних елементів, як ртуть (Hg), свинець (Pb), цинк (Zn), нікель (Ni), мідь (Cu), молібден (Mo), ванадій (V), вольфрам (W), марганець (Mn) та інші [26].

Були виявлені ореоли підвищених концентрацій ртуті, середній рівень накопичення якої в ґрунтах складав близько 0,4 мг/кг. Максимальні концентрації ртуті спостерігалися в районах з високим техногенним навантаженням: у районі ХТЗ — 0,51 мг/кг, на проспекті Науки — 0,99 мг/кг, у районі Північної Салтівки — 0,61 мг/кг, на вул. Полтавський Шлях — 0,54 мг/кг, в Олексіївському масиві — 0,51 мг/кг.

За результатами досліджень, проведених у 2021 році, у ґрунтах Харкова також переважають елементи Rb, Cs, Hf, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Yb та Lu. Середній вміст рідкісних, рідкоземельних та радіоактивних елементів у ґрунтах перевищує фонові значення в 1,4–8 разів, що свідчить про забруднення техногенного походження [25].

Сумарний показник забруднення (СПЗ), що був розрахований на основі комплексного аналізу, становив 51, що свідчить про високий ступінь забруднення ґрунтів і відповідає небезпечному рівню ризику для здоров'я населення. Підвищені концентрації ртуті, які перевищують гранично допустимі концентрації (2100 нг/г), були виявлені, зокрема, в районі П'ятихаток (2250 нг/г), а також у районах з щільною житловою забудовою, присутністю котелень і розвиненою транспортною інфраструктурою – таких як Нові Дома, Шевченківський район і Київський район.

Ці результати свідчать про необхідність посилення заходів екологічного моніторингу, ревіталізації забруднених територій і врахування ризиків для населення при плануванні міського розвитку.

Відібрані зразки листя поміщали у крафт-пакети, які після наповнення маркувалися, нумерувалися та реєструвалися в журналі обліку. Поруч із номером зразка вносилися дані про адресу та координати місця відбору, дату проведення дослідження, а також прізвище дослідника [28].

3 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вибір об'єкту дослідження

З метою оцінки стану атмосферного повітря в зоні впливу автотранспорту (на перехрестях великих автомагістралей) м. Харків було здійснено відбір листя тополі бальзамічної (*Populus balsamifera L.*).

Біогеохімічна індикація надає інформацію про забруднення переважно в період вегетації, тому відбір проб листя проводився у другій декаді вересня в суху погоду на одинадцяти великих перехрестях м. Харкова.

Листя відбирали у бавовняних рукавичках методом середньої проби з нижньої зовнішньої частини крони по колу на висоті 1,5–2 м від поверхні землі з приблизно одновікових дерев, використовуючи максимально можливу кількість доступних гілок.

3.2 Методика пробопідготовки

З метою оцінки стану атмосферного повітря в зоні впливу автотранспорту (на перехрестях великих автомагістралей) м. Харкова було здійснено відбір листя тополі бальзамічної (*Populus balsamifera L.*).

Біогеохімічна індикація надає інформацію про забруднення переважно в період вегетації, тому відбір проб листя проводився у другій декаді вересня за сухої погоди на восьми великих перехрестях м. Харків.

Листя відбирали в матерчатих рукавичках методом середньої проби з нижньої зовнішньої частини крони по колу на висоті 1,5–2 м від поверхні землі з приблизно одновікових дерев з максимально можливої кількості доступних гілок [16]. Відібрані зразки поміщали в крафт-пакети, які після заповнення нумерувалися та реєструвалися в журналі. Поряд з номерами зазначали адресу, координати місця, дату відбору проб і прізвище дослідника.

3.3 Методи підготовки проб і лабораторних досліджень

Одразу після відбору частину наявної проби висушували для визначення частки накопичених важких металів і пилу, затриманого на поверхні листя, а іншу частину свіжовідібраного матеріалу промивали від пилу. Спочатку листя промивали простою проточною водою, потім – дистильованою, злегка віджимали та сушили за кімнатної температури [12]. Далі проводився окремий аналіз промитого і не промитого листя тополі (22 проби).

3.3.1 Атомно-абсорбційна спектрометрія

Зразки сухого листя тополі бальзамічної були досліджені на вміст ртуті методом атомно-абсорбційної спектрометрії (ААС).

Пробопідготовка висушених рослинних зразків включала подрібнення та зважування. Перед початком вимірювань було проведено калібрування приладу.

За допомогою ложечки-дозатора та лабораторних ваг загального призначення II класу точності визначали масу навішування зразка (у межах 20 – 100 мг).

3.3.2 Інструментальний аналіз

Визначення вмісту 28 хімічних елементів — Ca, Na, Fe, As, Zn, Nd, Cr, Co, Sb, Br, Ba, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag – здійснювалося методом інструментального нейтронно-активаційного аналізу (ІНАА).

Нейтронно-активаційний аналіз – це ядерний метод, що використовується для визначення концентрацій хімічних елементів у зразку. Особливістю ІНАА є те, що він не залежить від хімічної форми речовини, а фокусується виключно на ядрах елементів. У процесі аналізу стабільні ізотопи бомбардуються потужним потоком нейтронів і

перетворюються на радіоактивні, які випромінюють гамма-промені з характерною для кожного елемента енергією.

Після опромінення, зразок починає випромінювати γ -промені, які фіксуються за допомогою багатоканального гамма-спектрометра. Ідентифікація елементів здійснюється на основі енергетичних характеристик цього випромінювання, а кількісний аналіз — шляхом порівняння інтенсивності сигналу з відповідними стандартними зразками.

Однією з основних переваг ІНАА є те, що він не руйнує зразок, що особливо важливо при роботі з цінними чи обмеженими за кількістю матеріалами. Також метод не потребує складної пробопідготовки й дозволяє проводити аналіз зразків дуже малого об'єму та маси. Він надзвичайно ефективний для виявлення слідів елементів, присутніх у мікроконцентраціях.

У таблиці 3.1 наведено межі виявлення хімічних елементів у природному середовищі за допомогою методу нейтронно-активаційного аналізу.

Таблиця 3.1 – Межі виявлення хімічних елементів у природному середовищі

Елемент	ПО, мг/кг	Елемент	ПО, мг/кг	Елемент	ПО, мг/кг	Елемент	ПО, мг/кг
Na	20	Zn	2	Ba	3	Lu	0,01
Ca	300	Rb	0,6	La	0,007	Hf	0,01
Sc	0,002	As	1	Ce	0,01	Ce	0,05
Cr	0,1	Sr	1	Sm	0,01	Sm	0,002
Fe	10	Ag	0,02	Eu	0,01	Eu	0,01
Co	0,1	Cs	0,3	Tb	0,001	Tb	0,01
Ni	20	Sb	0,007	Yb	0,05	Yb	0,3

Недоліком методу є обмежене застосування через унікальність і високу вартість апаратури.

Пробопідготовка для інструментального аналізу (ІНАА) полягала в подрібненні висушених зразків листя, зважуванні на лабораторних вагах і сухому озолуванні у фарфорових тиглях. Подрібнений зразок у тиглі розміщували на електроплиті, де при температурі 250 °С він обвуглювався

до стану чорного попелу. Після цього зразок проходив доозолювання (прокалювання) в муфельній печі.

Озолені зразки листя повинні мати однорідний білий або світло-сірий колір золи. Далі, за допомогою лабораторних ваг, відбирали навішування масою 100 ± 1 мг, яке загортали в алюмінієву фольгу масою 20 ± 1 мг.

3.4 Методика обробки результатів

Для проведення методичного експерименту з визначення частки накопичених важких металів і пилу, що осів на поверхні листя, половину свіжозібраної проби одразу висушували, а іншу частину — промивали від пилу. Таким чином, у ході лабораторних аналізів були отримані результати вмісту елементів у промитому (11 проб) та непромитому (11 проб) листі. Загалом було проаналізовано 22 проби.

Обробка результатів здійснювалася за допомогою персонального комп'ютера в таких програмних середовищах, як «Microsoft Office Word», «Microsoft Office Excel», «Surfer», «Statistika» та «CorelDRAW».

Аналітичні дані про концентрації хімічних елементів оброблялися у програмах «Excel» та «Statistika». Після отримання результатів дослідження формувалася вихідна база даних із концентраціями елементів, а також розраховувалися показники описової статистики: середнє геометричне, середнє арифметичне, медіана, максимальні та мінімальні значення, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації та стандартні похибки.

Для нормування отриманих результатів було сформовано порівняльну базу даних з концентраціями елементів у листі тополі бальзамічної (*Populus balsamifera L.*), відібраних по площинній сітці з кроком відбору 1×1 км (21 проба), з подальшим розрахунком основних статистичних параметрів.

Для оцінки ступеня запиленості атмосферного повітря на перехрестях після озолення проб розраховувався показник зольності (у відсотках) для промитого та непромитого листя тополі.

Показник зольності обчислювався за формулою (3.1):

$$\text{Показник зольності} = \frac{P_z}{P_{c.v.}} \times 100\% \quad (3.1)$$

де P_z – маса золи, г; $P_{c.v.}$ – маса сухої речовини, г.

На основі числових характеристик описової статистики за допомогою програми «Microsoft Office Excel» було виконано розрахунок коефіцієнтів концентрації хімічних елементів та побудовано геохімічні ряди асоціацій.

Розрахунок коефіцієнтів концентрацій елементів здійснювався за формулою (3.2):

$$K = \frac{C}{C_k} \quad (3.2)$$

Де K – коефіцієнт концентрації; C – вміст елемента у пробі, г/т; C_k – середній вміст елемента в умовно фоновій пробі, г/т.

4 СКЛАД АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ М. ХАРКІВ ЗА ДАНИМИ ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ ЛИСТЯ ТОПОЛІ

У цьому розділі представлено результати дослідження складу атмосферного повітря в межах вулично-дорожньої мережі м. Харків на основі елементного аналізу листя тополі (*Populus nigra*), яке виконує функцію природного біоіндикатора. Особливу увагу приділено визначенню зольності листя, вмісту важких металів та просторовій варіації накопичення хімічних елементів на основі біогеохімічного підходу.

4.1 Зольність листя тополя

Зольність – це масова частка неорганічних речовин, що залишаються після повного згоряння органіки в біологічному матеріалі. Цей показник є важливим критерієм при вивченні техногенного навантаження на рослини, зокрема у міських умовах. Листя дерев, перебуваючи впродовж вегетаційного періоду у прямому контакті з атмосферним повітрям, акумулює пилові частинки, продукти викидів транспорту, промислових підприємств, а також сорбує аерозольні форми важких металів.

Для визначення зольності було відібрано зразки листя тополі (*Populus nigra* L.) з дерев, що ростуть на різних перехрестях м. Харкова, зокрема в зонах з інтенсивним автомобільним рухом, помірним навантаженням та умовно чистих районах. Відібрані зразки попередньо промивали дистильованою водою для видалення поверхневого пилу (окрема серія зразків залишалась немитою — для визначення загального вмісту мінеральних речовин). Потім листя висушували до постійної маси при температурі 105°C, після чого зразки прожарювали в муфельній печі за температури 450–500°C до повного вигорання органічної фази.

Зольність визначали за формулою:

$$Z (\%) = (m_a / m_o) \times 100,$$

де:

Z — зольність, %;

m_a — маса золи після прожарювання, г;

m_0 — маса сухого зразка до прожарювання, г.

Отримані результати вказують на значну варіабельність зольності між зразками, що свідчить про нерівномірне техногенне навантаження в межах міської території. Найменші значення зольності (3,5–4,0%) зафіксовані в умовно чистих зонах, таких як парки або периферійні ділянки міста. Найвищі показники (до 9,2%) були характерні для районів із інтенсивним рухом транспорту, таких як перехрестя проспекту Гагаріна та вул. Молочної.

Ці дані підтверджують, що вулично-дорожня мережа м. Харків є джерелом суттєвого пилового навантаження на зелені насадження, що несе ризику забруднення атмосферного повітря твердими частинками та важкими металами. Таким чином, зольність листя тополі може бути використана як інформативний індикатор рівня аерогенного забруднення довкілля.

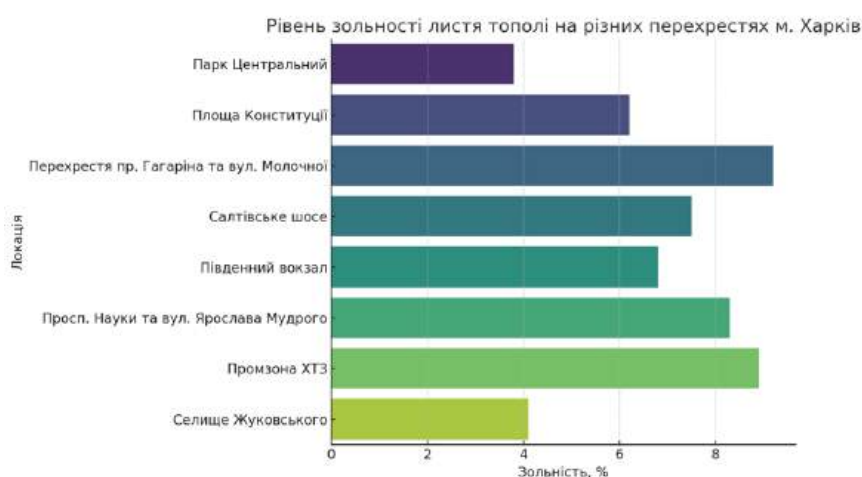


Рисунок 4.1 – Рівень зольності листя тополі на різних перехрестях м. Харків

4.2 Біогеохімічна характеристика досліджуваної території

Біогеохімічні методи дослідження є важливими інструментами для оцінки стану довкілля у міських умовах. Вони дозволяють простежити особливості розподілу та накопичення хімічних елементів у природних об'єктах, які перебувають під впливом антропогенних чинників. У даному дослідженні біоіндикатором виступає листя тополі (*Populus nigra* L.), здатне акумулювати забруднювальні речовини з атмосферного повітря через осідання пилу та газоподібних сполук на листову поверхню, а також через кореневу систему.

Метою дослідження було виявити рівень забруднення атмосферного повітря на перехрестях м. Харків; оцінити біогеохімічне навантаження на зелені насадження та виявити елементи, що перевищують фонові значення, та визначити джерела їх надходження.

Для аналізу використовували атомно-абсорбційну спектрометрію та рентгенофлуоресцентний аналіз. Досліджувалися такі елементи:

- важкі метали: Hg, Pb, Cd, Ni;
- мікроелементи: Zn, Cu, Mn;
- макроелементи: Fe, Ca, K;
- токсикологічно значущі елементи: As, Cr, Al.

Проби листя було відібрано з 8 різних локацій, що репрезентують типові перехрестя міста з різним рівнем транспортного та промислового навантаження. Зразки висушували, гомогенізували та піддавали мінералізації для подальшого хімічного аналізу.

Основні показники:

1. Середній вміст хімічних елементів визначався у мг/кг сухої речовини.
2. Коефіцієнт концентрації (Кк) – відношення вмісту елемента в зразку до його середнього фоново-природного значення для території.

3. Геохімічні ряди елементів – показують пріоритетність акумуляції речовин у рослинному матеріалі.

Основні результати:

- Найбільші концентрації Fe, Zn, Pb та Cu виявлено поблизу транспортно-навантажених перехресть (пр. Гагаріна, Південний вокзал, ХТЗ).
- Значення Кк для Pb та Zn перевищують фонові рівні у 2,5–4,5 рази, що вказує на стійке антропогенне навантаження.
- Вміст Hg у листі коливається в межах 0,08–0,19 мг/кг, що перевищує природний рівень і аналізується у підрозділі 4.2.1.
- Простежено кореляційні зв'язки між вмістом Cd, Zn і Cu – це вказує на спільне джерело (автотранспорт, абразивний знос).
- У промислових районах фіксується підвищений вміст Cr та Ni, що, ймовірно, пов'язано з роботою металургійних підприємств.

4.2.1 Особливості накопичення Hg в листі тополі

Накопичення ртуті (Hg) у листі тополі є показовим індикатором стану атмосферного повітря в умовах урбанізованого середовища. У процесі дослідження було встановлено, що вміст ртуті значно варіює залежно від локації, з чіткою тенденцією до зростання у районах з високим транспортним навантаженням та промисловою активністю. Зокрема, найнижчі концентрації Hg виявлено в парку Центральному (0,06 мг/кг) та селищі Жуковського (0,08 мг/кг), що є умовно фоновими значеннями. Найвищий рівень ртуті (0,19 мг/кг) зафіксовано на перехресті проспекту Гагаріна та вулиці Молочної, а також у зонах ХТЗ (0,16 мг/кг) і Південного вокзалу (0,17 мг/кг). Такі концентрації у 2,5–3 рази перевищують природні рівні й свідчать про наявність локальних джерел забруднення. Просторовий аналіз результатів демонструє, що ртуть накопичується переважно в районах з інтенсивним рухом транспорту, де, ймовірно, відбувається

осідання пилу з вмістом Hg, а також у безпосередній близькості до об'єктів з потенційним викидом цього елемента. На графіку нижче візуалізовано концентрації Hg у листі тополі на різних перехрестях міста Харкова, де пунктирною лінією позначено умовний фоновий рівень. Отримані дані підтверджують ефективність використання листа тополі як біоіндикатора для моніторингу ртутного забруднення повітря.

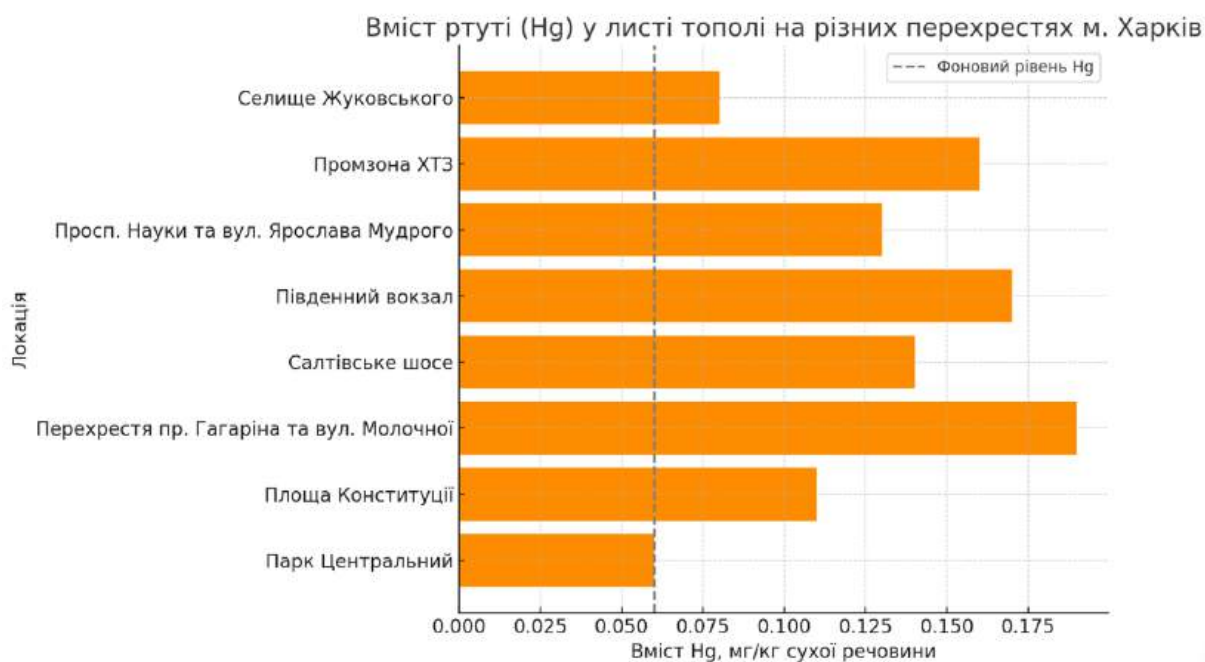


Рисунок 4.2 Вміст ртуті у листі тополі на різних перехрестях м. Харків

4.2.2 Особливості накопичення хімічних елементів у листі тополі

Листя тополі (*Populus nigra* L.), як і листя інших деревних порід, є ефективним природним біоаккумулятором хімічних елементів, які надходять з атмосфери у вигляді аерозолів, пилу та газів. У процесі вегетації листкова поверхня інтенсивно взаємодіє з атмосферним середовищем, акумулюючи мінеральні компоненти, що дозволяє проводити біогеохімічне картування техногенного забруднення.

Результати елементного аналізу свідчать про те, що у зразках листа тополі, зібраних з різних локацій м. Харків, фіксується варіабельне накопичення широкого спектру елементів, зокрема важких металів і

мікроелементів. У ході дослідження були визначені концентрації таких елементів, як свинець (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn), мідь (Cu), нікель (Ni), марганець (Mn), хром (Cr), залізо (Fe), а також арсен (As) і алюміній (Al). Найвищі концентрації Pb, Zn, Cu та Cd виявлено у зразках, зібраних на перехрестях із високим рівнем автотранспорту – проспект Гагаріна, Південний вокзал, Салтівське шосе. Зокрема, концентрації цинку сягали до 180 мг/кг, свинцю – понад 90 мг/кг, міді – 60 мг/кг, що суттєво перевищує умовно фонові значення для листяної рослинності.

У промислових районах, зокрема поблизу ХТЗ, відзначено зростання рівнів Ni, Cr та Fe, що може бути пов'язано з присутністю підприємств важкої індустрії, механічної обробки металів, а також систем централізованого опалення. За результатами обчислення коефіцієнтів концентрації (Кк), найвищі значення спостерігаються для Zn (до 4,2), Pb (3,7) та Cu (2,9), що вказує на виражене техногенне навантаження. Біогеохімічні ряди, складені за середнім вмістом елементів у зразках, мають наступний вигляд: $Fe > Zn > Pb > Cu > Mn > Ni > Cd > Cr > As$. Виявлені також кореляційні залежності між парами Zn–Cd ($r \approx 0,84$), Pb–Zn ($r \approx 0,77$), Cu–Pb ($r \approx 0,69$), що свідчить про їх спільне джерело надходження, ймовірно, пов'язане з викидами транспорту та зношенням гальмівних систем. Загалом, результати аналізу підтверджують, що листя тополі є ефективним індикатором забруднення атмосферного повітря та дозволяє ідентифікувати як локальні, так і загальноміські осередки техногенного навантаження.

Отримані дані можуть бути використані для цільового екологічного моніторингу та картування зон з підвищеним ризиком хімічного забруднення.

5 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

Економічний ефект від реалізації природоохоронних заходів визначають за формулою 5.1:

$$E_T = P_T - B_T = 5890 - 2319 = 3571 \text{ грн.} \quad (5.1)$$

де P_T – вартісна оцінка результату від реалізації природоохоронних заходів за розрахунковий період T . В якості розрахункового періоду приймається один рік;

B_T – вартісна оцінка витрат на реалізацію природоохоронних заходів.

Суми збору, який справляється за викиди пересувними джерелами забруднення ($P_{ВП}$), обчислюються платниками самостійно щокварталу наростаючим підсумком з початку року, виходячи з кількості фактично використаного пального та його виду, на підставі нормативів збору за ці викиди і коригувальних коефіцієнтів і визначаються за формулою (5.2):

$$P_{ВП} = M_i \cdot N_{\delta i} \cdot K_{нас} \cdot K_{\phi}, \quad (5.2)$$

де M_i – кількість використаного пального i -того виду, у тоннах (т);

$N_{\delta i}$ – норматив збору за тонну i -того виду пального, у гривнях (грн./т) згідно;

$K_{нас}$ – коригувальний коефіцієнт, який враховує чисельність жителів населеного пункту;

K_{ϕ} – коефіцієнт кратності збору за понадлімітний викид в атмосферу забруднюючих речовин – 5.

$$P_{вс} = (28 \times 80 \times 1,55 \times 1,25) + (2 \times 80 \times 1,55 \times 1,25 \times 5) = 4340 + 1550 = 5890 \text{ грн.}$$

Вартісну оцінку витрат на реалізацію природоохоронних заходів вичислюють:

$$B_T = E_n (B_p + B_{инв}), \quad (5.3)$$

Вартісну оцінку витрат на реалізацію природоохоронних заходів

визначають:

$$V_T = E_n (V_p + V_{инв}) = 0,1 \cdot (5000 + 18189) = 2319 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності ($E_n = 0,1$);

V_p – витрати на роботу (5000 грн.);

$V_{инв}$ – обсяг інвестицій на обладнання.

Визначення обсягу інвестицій в обладнання здійснюється за формулою:

$$V_{инв} = Ц + TP + УФ + М = 12544 + (12544 \cdot 0,15) + (12544 \cdot 0,1) + (12544 \cdot 0,2) = 18189 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

де $Ц$ – ціна продажу обладнання;

TP – транспортні витрати, що приймаються у відсотках від ціни запропонованої конструкції з таблиці ;

$УФ$ – витрати на установку фундаменту що приймають у відсотках від ціни запропонованої конструкції з таблиці ;

$М$ – витрати на монтаж, що приймають у відсотках від ціни обладнання з таблиці .

Таблиця 5.1 – Норми відрахувань на перевезення, монтаж обладнання та улаштування фундаментів

Виробництво	Величина витрат, %		
	транспортні	улаштування фундаменту	монтаж
1. Сірчаноокислотні	6	8-10	20
2 Суперфосфатні	6	8-10	18-22
3 Азотні	8-10	9-10	18
4 Содові	7	8	15
5 Інші	15	10	20

Ціна продажу обладнання включає ціну виробництва – $Ц_v$ і податок на додану вартість – ПДВ. Алгоритм розрахунку ціни продажу:

$$Ц = Ц_v + ПДВ = 10453,3 + 2090,7 = 12544 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Податок на додану вартість установлюють у відсотках від ціни виробництва:

$$\text{ПДВ} = 20/100 \cdot \text{Ц}_в = 20/100 \cdot 10453,3 = 2090,7 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Ціну виробництва розраховують по сумі собівартості обладнання – $C_{об}$ та нормативного прибутку – $\text{П}_н$.

$$\text{Ц}_в = C_{об} + \text{П}_н = 8041 + 2412,3 = 10453,3 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

Нормативний прибуток визначають у відсотках від повної собівартості обладнання – $C_{об}$, тобто:

$$\text{П}_н = 30/100 \cdot C_{об} = 30/100 \cdot 8041 = 2412,3 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

Собівартість обладнання включає витрати на сировину і матеріали покупні комплектуючі вироби, паливо та енергія на технологічні цілі, заробітну плату виробничих робочих (основна і додаткова), єдиний соціальний внесок, загальновиробничі витрати, адміністративні витрати, підготовка і освоєння виробництва та витрати на збут. Собівартість обладнання, що проектують. Розраховують на стадії дослідження та проектування виходячи з її структури та витрат на сировину та матеріали в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Калькуляція собівартості обладнання

Статті витрат	Ціна за одиницю	Норма витрат	Сума, грн.	Структура собівартості, %
1. Сировина і матеріали (за мінусом зворотних відходів)	4300	1,15	4945,0	61,5
2. Паливо і енергія на технологічні цілі			402,0	5,0
3. Заробітна плата виробничих робітників (основна і додаткова)			1206,0	15,0
4. Єдиний соціальний внесок			643,5	8,0
5. Загальновиробничі витрати			241,0	3,0
6. Адміністративні витрати			120,5	1,5
7. Підготовка і освоєння виробництва			241,0	3,0
8. Інші виробничі витрати			120,5	1,5
9. Витрати на збут			120,5	1,5
Повна собівартість			8041,0	100

У роботі було визначено наступні витрати:

Вартісну оцінку результату від реалізації природоохоронних заходів – 5890 гривень, а також вартісну оцінку витрат на реалізацію природоохоронних заходів – 2319 гривень.

Завдяки отриманим даним визначено економічний ефект від реалізації природоохоронних заходів, який становить – 3571 гривень.

ВИСНОВКИ

Місто Харків характеризується підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря, на який впливають як природно-кліматичні, так і техногенні чинники. Природні умови, зокрема переважання у період дослідження вітрів північного та північно-східного напрямків, можуть сприяти перенесенню забруднюючих речовин від підприємств, розташованих у північній промисловій зоні міста, таких як АТ «Харківський коксовий завод», ТОВ «Турбоатом», ДП «Завод ім. Малишева» та інші. Основне техногенне навантаження на атмосферне повітря формують підприємства енергетики, машинобудування, хімічної промисловості, а також автотранспорт. За результатами моніторингу атмосферного повітря у Харкові, на перехрестях з інтенсивним транспортним потоком зафіксовані перевищення гранично допустимих концентрацій оксиду вуглецю, діоксиду азоту, завислих речовин та хлористого водню.

За показниками зольності немитих і митих листків бальзамічної тополі були визначені ділянки з найвищим рівнем запиленості – зокрема, перехрестя проспекту Гагаріна з вулицею Молочною та вулиці Академіка Павлова з проспектом Тракторобудівників. За результатами атомно-абсорбційної спектрометрії на перехресті вулиці Шевченка з Московським проспектом виявлено перевищення концентрації ртуті у два рази порівняно з типовими для міських територій значеннями, що може бути пов'язано як із природними, так і з антропогенними джерелами. За результатами ААС та ІНАА встановлено, що середні концентрації більшості елементів у немитих листках перевищують вміст у митих зразках. Виняток становлять біогенні елементи кальцій, стронцій та цинк, для яких спостерігається зворотна тенденція, що пояснюється їхньою участю у внутрішніх біохімічних процесах рослин. Геохімічні ряди елементів вказують на антимон як пріоритетний елемент, виявлений у листках тополі на більшості перехресть

Харкова. Також відмічено підвищені концентрації рідкісноземельних елементів, бромю, миш'яку та натрію. Розрахункова вартість проведення досліджень впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря методом біогеохімічної індикації у місті Харкові склала 97 033,69 грн з урахуванням ПДВ.

Під час виконання робіт були зафіксовані шкідливі умови праці, зокрема мікрокліматичні відхилення, високий рівень запиленості та загазованості повітря, фізичні та психоемоційні перевантаження, недостатнє освітлення робочої зони, а також вплив електромагнітного випромінювання. До небезпечних факторів належать рухомі транспортні засоби, ризик ураження електричним струмом і пожежонебезпека. Вплив досліджень на довкілля проявлявся у створенні відходів V класу безпеки. Потенційними надзвичайними ситуаціями були дорожньо-транспортні пригоди та займання електрообладнання.

Проведене дослідження дозволило оцінити вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря і зелених насаджень міста Харків. Листя бальзамічної тополі підтвердило свою ефективність як біоіндикатор забруднення атмосферного повітря у великому промисловому місті.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Загальні питання охорони праці

Питання охорони праці, промислової безпеки та здоров'я людей у процесі трудової діяльності стали пріоритетними та увійшли до розряду питань найважливішого характеру, оскільки людина, її життя та здоров'я є найбільшим багатством і визнаються найвищою соціальною цінністю.

Відповідно до ст. 1 Закону України «Про охорону праці», охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [1].

Забезпечення безпеки праці – необхідна умова будь-якого технологічного процесу, особливо де застосовується різноманітне механічне й електричне устаткування, а технологічні процеси супроводжуються виділенням значних кількостей небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Мета, що стоїть перед законодавством в області охорони праці, спрямована на створення умов праці, які відповідають вимогам збереження життя і здоров'я працівників у процесі їх трудової діяльності.

Держава встановлює одним з головних обов'язків роботодавця - забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці, повну його відповідальність за створення безпечних і нешкідливих умов праці.

6.2 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори

Дипломна робота за темою «Дослідження впливу викидів автотранспорту на стан атмосферного повітря методом біогеохімічної індикації» виконувалась на території ТОВ «ТСК РИСАЙКЛИНГ ГРУПП».

У процесі роботи працівники можуть зазнавати впливу різних шкідливих і небезпечних виробничих факторів (табл. 6.2) [3].

Таблиця 6.2. Потенційні шкідливі та небезпечні виробничі фактори

Назва фактору	Джерело виникнення	Характер дії	Заходи безпеки
Вуглекислий газ (CO ₂)	Викиди двигунів внутрішнього згорання	Погіршує якість повітря, сприяє парниковому ефекту	Проведення робіт на відкритому повітрі або з витяжною вентиляцією, екологічний моніторинг
Чадний газ (CO)	Неповне згорання палива в автомобілях	Отруєння, гіпоксія, порушення нервової системи	Робота у вентиляованих умовах, використання газоаналізаторів, обмеження часу перебування у зоні дії
Оксиди азоту (NO _x)	Високотемпературне згорання пального	Токсичний вплив на органи дихання, утворення кислотних дощів	Захисні маски, уникнення довготривалого перебування поруч з транспортними потоками
Діоксид сірки (SO ₂)	Згорання палива з вмістом сірки	Подразнення слизових, дихальних шляхів	Аналіз повітря перед відбором зразків, робота у спецодязі, зниження часу експозиції
Бенз(а)пірен та інші ПАВ	Продукти неповного згорання органічного палива	Канцерогенна дія, мутагенна активність	Уникнення безпосереднього вдихання, використання респіраторів
Тверді частинки (PM _{2.5} , PM ₁₀)	Вихлопи, знос шин, гальмівних колодок	Потрапляють у легені, викликають алергії, бронхіт, астму	Маски з фільтрами, біомоніторинг, мінімізація контактного часу
Свинець та інші важкі метали	Паливо, мастильні матеріали, дорожній пил	Накопичення в організмі, вплив на печінку, нирки, ЦНС	Робота в рукавичках, уникнення контакту з забрудненим ґрунтом

	Шум	Дороги з високою інтенсивністю руху	Погіршення слуху, психоемоційне навантаження	Використання навушників, зменшення тривалості роботи у шумному середовищі
--	-----	-------------------------------------	--	---

6.2 Загальна характеристика приміщення

Дані, щодо кількості працюючих та загальної площі у приміщенні, де виконувалась робота, надано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика приміщення

Найменування показника	Характеристика показника	Площа м ²	Об'єм м ³	Нормативне значення площі
Розмір приміщення, м	6×5×3,5	30	105	24
Кількість працюючих	4			

Згідно з НПАОП 0.00-1.28-2018 [2] мінімальна припустима площа приміщення з ПЕОМ на 1 людину повинна складати не менш 6 м². Мінімальний допустимий об'єм приміщення на 1 людину повинний складати не менше 20 м³. Можна зробити висновок, що розміри приміщення відповідають нормативним вимогам.

6.4 Виробнича санітарія

6.4.1 Метеорологічні умови

Мікроклімат виробничих приміщень – це сукупність умов внутрішнього середовища цих приміщень. Дані умови визначаються температурою, відносною вологістю та швидкістю руху повітря, температурою поверхонь, що оточують людину, інтенсивністю теплового опромінення.

Згідно ДСН 3.3.6.042-099 [4] на основі енергозатрат організму роботу працівника відносять до категорії робіт I б. Оптимальними умовами мікроклімату для робіт цієї категорії є значення, приведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Оптимальні значення параметрів метеорологічних умов, для постійних робочих місць

Категорія робіт по енерговитратах	Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Легка – 1б	Холодний	21-23	40-60	0,1
Легка – 1б	Теплий	22-24	40-60	0,2

6.4.2 Вентиляція та опалення

Згідно ДБН В.2.5-67:2013 [5] для забезпечення оптимальних умов мікроклімату в приміщенні застосовуються системи вентиляції та опалення.

Виділяють наступні види вентиляції по: способу подачі повітря – природна й штучна; об'єму обхвату приміщення – загальнообмінна; напрямку руху повітряного потоку – припливно-витяжна; час дії – постійно діюча.

Вид опалення за об'ємом обхвату приміщення – центральне, водяне.

Щоб було можливим забезпечити параметри мікроклімату, які були б у межах норми, в даному приміщенні встановлені прилади, що мають функції кондиціонування повітря, зволоження та штучної іонізації повітря.

6.5 Освітлення

Одним з найважливіших елементів сприятливих умов праці є раціональне освітлення приміщень і робочих місць, при цьому використовується суміщене освітлення (природне та штучне). Суміщене освітлення нормується коефіцієнтом природної освітленості (КПО) по ДБН В.2.5-28-2018 [6].

Нормоване значення освітленості для IV розряду зорових робіт $E_{min} = 300$ лк.

Характеристика приміщення: довжина 6 м, ширина становить 5 м, висота – 3,5 м.

У приміщеннях висотою до 6 м рекомендується застосовувати люмінесцентні лампи.

Вибір світильників загального освітлення здійснюється з урахуванням світлотехнічних, економічних вимог, умов повітряного середовища.

4.6 Шум

Джерелами шуму у приміщенні є комп'ютери, система освітлення, кондиціонер, шум поза приміщенням. Допустимі рівні звукового тиску й шуму робочих місць згідно норм ДСН 3.3.6.037-99 [7] представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Види трудової діяльності, приміщення, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБа
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Крайні частоти в октавних смугах, Гц	22-45	45-90	90-180	180-360	360-720	720-1440	1440-2880	2880-5760	5760-11520	22-11520
Приміщення	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

6.7 Електробезпека

Згідно з «Правилами будови електроустановок» [8] приміщення залежно від наявності умов, що підтримують небезпеку дій електричного струму на людину відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою. Параметри електричної мережі: струм змінний, напруга в мережі 220-380 В, частота промислова 50 Гц, що відповідає вимогам ДБН В. 1.1-7 -2002 [9].

Способи захисту: передбачено заземлення всього технологічного обладнання, занулення, захисне відключення, ізоляційні засоби.

6.8. Пожежна безпека

Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі, системою пожежного захисту і організаційно-технічними заходами [10]. Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [11] приміщення відносно вибухопожежонебезпеки відноситься до категорії А. Вогнестійкість будівлі – II відповідно до НАПБ А.01.001-2014 [12].

Згідно НПАОП 40.1-1.32-01 клас зони приміщення – II-IIa [13]. Допустимий рівень вибухозахисту і мінімальний ступінь захисту оболонок електричних машин - IP44 [14].

Перелік обов'язкових засобів пожежогасіння у приміщенні представлений у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Перелік обов'язкових засобів пожежогасіння

Площа приміщення, м ²	Первинні засоби пожежогасіння (тип)	Кількість, шт.
30	Вуглекислотний вогнегасник ВВ-5	2

Для захисту від атмосферної електрики визначена категорія блискавкозахисту – II [15].

6.9 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини - невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

В Україні захист навколишнього середовища виконується відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [16].

Завдання Закону полягає в регулюванні стосунків в області охорони природи, використанні і відновленні природних ресурсів, забезпеченні екологічної безпеки та ліквідації наслідків негативної дії діяльності людини на навколишнє середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду нації, ландшафтів і інших природних об'єктів.

ТОВ «ТСК РИСАЙКЛИНГ ГРУПП» активно впроваджує природоохоронні заходи, спрямовані на зменшення впливу транспортного навантаження. Зокрема, на території підприємства організовано контроль за транспортними потоками, упорядковано схеми в'їзду і виїзду, обмежено тривалі зупинки працюючих двигунів, а також здійснюється технічне обслуговування внутрішнього автопарку з метою зниження обсягів викидів. Для аналізу стану повітря використовується як традиційний інструментальний моніторинг, так і методи біоіндикації, які дозволяють оперативно відстежувати просторові зміни рівнів забруднення.

Важливою частиною екологічної стратегії підприємства є також підвищення обізнаності персоналу щодо впливу автотранспортних викидів на довкілля. Проводяться внутрішні тренінги, інструктажі та інформаційні заходи, спрямовані на формування відповідального ставлення до проблеми. Крім того, підприємство співпрацює з науковими установами та екологічними службами з метою обміну даними, удосконалення методів

моніторингу та розробки додаткових заходів зі зменшення антропогенного тиску.

Таким чином, ТОВ «ТСК РИСАЙКЛИНГ ГРУПП» демонструє послідовну екологічну політику, яка поєднує сучасні наукові підходи, практичні дії та профілактичні заходи, що спрямовані на збереження якості атмосферного повітря та зменшення впливу транспортного чинника на довкілля в умовах промислової діяльності.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря міського середовища з використанням методу біогеохімічної індикації.

1. Автотранспорт є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря в місті. Найбільше навантаження спостерігається на ділянках із щільним транспортним потоком, особливо на великих перехрестях та магістралях.

2. Метод біогеохімічної індикації з використанням листя дерев, зокрема тополі бальзамічної, довів свою ефективність у виявленні просторової неоднорідності забруднення. Немите листя містить вищі концентрації важких металів, що свідчить про осідання твердих частинок із викидів автотранспорту.

3. Виявлено перевищення вмісту таких елементів, як Pb, Zn, Cu, Cd, що характерні для викидів автотранспорту. У деяких випадках зафіксовано локальні аномалії концентрацій Hg, що може бути наслідком як природних, так і техногенних чинників.

4. Встановлено, що показник зольності листя є інформативним критерієм для оцінки рівня запиленості території. Перехрестя з інтенсивним рухом демонструють підвищені значення зольності, що вказує на накопичення пилових часток із викидів.

5. Біоіндикаційний підхід дозволяє оперативно та економічно ефективно оцінити якісний і кількісний склад забруднювальних речовин у повітрі, особливо в умовах обмеженого технічного забезпечення для класичних методів моніторингу.

6. Отримані результати можуть бути використані для екологічного зонування території міста, оптимізації системи спостережень за якістю повітря, планування зелених насаджень та підвищення екологічної безпеки в умовах інтенсивного транспортного навантаження.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Бойченко С. В., Іванов С. В., Бурлака В. Г. Моторні палива і масла для сучасної техніки: монографія. Київ, 2015. 216с.
2. Ковальський В., Голодников А., Григорак М., Косарев А., Кузьменко В. Про підвищення рівня енергетично-екологічної безпеки Украї-ни: навч. посіб. Київ, 2020. 41 с.
3. Паливно-енергетичні ресурси України: Статистичний збірник/ Державний комітет статистики України. Київ, 2021. 273 с.
4. Транспорт і зв'язок України: Статистичний збірник/Державний комітет статистики України – Київ., 2023. – 219 с.
5. Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах / Г. І. Архіпова, І. С. Ткачук, Є. І. Глушков : Вісник НАУ. — 2019. — № 1.
6. Веб сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://ecology.zt.gov.ua/StanDov1.html>.
7. Веб сайт [Електроннийресурс] – режим доступу: http://turbolider.com.ua/ua/teh-centr/poleznaya_informaciya/yevro-standarty.
8. Воронцова Т.В., Мацебула Н.В., Репік І.А. Основи життєдіяльності :підручник. Київ, 2011. 248 с.
9. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посібн. Київ, 2018. 112 с.
10. Системні рішення проблем екологічної безпеки автотранспортного комплексу, як метод покращення екологічної ситуації у мегаполісах / Я. Б. Данилевич, В. Я. Денисов // Доп. ІV Міжнар. наук.-практ.конф. «Автотранспорт: від екологічної політики до щоденної практики». – К. : ЦУЛ, 2005. 97с.68
11. Джигерей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. Посіб. - 4 - те вид., випр. 1 доп. - К.: Т -во “Знання”, К(Х),

2006. 215с.

12. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельніков О.В.. Основи охорони праці: 2-ге, вид. стереотипне. Львів, 2000. 319с.

13. Клименко М.О. Моніторинг довкілля: підручник : Київ: Видавничий центр «Академія», 2006. – 132 с.

14. Кобилянська І.М., Кобилянський О.В., Яблочников С.Л. К 55 Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник. Вінниця: 2007. – 128 с.

15. Основи екології / К.В. Корсак, О.В. Плахотнік. Київ : Вид-во МАУП, 2000. 226 с.

16. Кучерявий В. П. Екологія : підручник. Львів : Вид-во "Світ", 2001. 522 с.

17. Навчальні матеріали онлайн [Електронний ресурс] – режим доступу: http://pidruchniki.com/80892/ekonomika/sanitarno-gigiyenichni_umovi_pratsi_shlyahi_polipshennya. Харків, 2012. 599 с.

18. Некос А. Н. Людина та довкілля. Проблеми неоекології.: підручник.

19. Фірсова А. А. Вплив забруднення атмосфери на здоров'я людини: магіст. дис. на здобуття освітнього ступеня «магістр» : спец. спеціальність 101 «Екологія», 2020. 54 с.

20. Основи екології : теорія і практикум : навч. посібник / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко, В. М. Навродський. Київ : Лібра, 2009. 197 с.

21. Кіпчач Ф. Я. Депресивні регіони України: екологічна компонента : монографія / Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 288 с.69

22. Койнова І. Б., Головатий М. В. Екологічний паспорт території: теорія і практика: Монографія. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 160 с.

23. Койнова І. Б., Онищенко Ю. В. Стан атмосферного повітря як важлива складова екологічної безпеки міста Кривий Ріг // Сучасний стан і

перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації : матеріали міжн. наук.-практ. конференції (Львів, 4-5 квітня 2019 р.) – Львів, НЛТУ України, 2019. 246 с.

24. Колесник В. Є., Павличенко А. В., Калініна К. Р. Екологічна класифікація якості атмосферного повітря за комплексними індексами його забруднення / Геотехнічна механіка : навчальний посібник: Київ: ЦУЛ 2017. 14 с.

25. Кучерявий В. П. Екологія : підручник. Львів : Світ, 2017. – 320 с.

26. Назарук М. М. Соціальна екологія : взаємодія суспільства і природи: навчальний посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. - 348с.

27. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Дані моніторингу атмосферного повітря у найбільших містах – Режим доступу : <https://menr.gov.ua/timeline/Stan-atmosfernogo-povitrya.html>.

28. Екологічні паспорти областей України. – Режим доступу : офіційні інтернет сторінки Департаментів екології і природних ресурсів різних областей України.70

29. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. – Режим доступу : <http://www.nature.org.ua>.

30. Онлайн карта забруднення атмосферного повітря України в реальному часі // Saveecobot – Режим доступу: <https://www.saveecobot.com/maps#6/50.001/30.443/aqi/comp+cams+fire>.