

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Кармазіна
Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ІНДИКАТИВНИЙ МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ХАРКІВ ТА М. КРОПИВНИЦЬКИЙ

Виконала: студентка 4курсу, групи ДЕ-41

спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____/Тетяна РЄЗНІК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Керівник _____/к. с. -Г. Н. , доц.

Олена ГОЛОЛОВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Рецензент _____/ _____

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____/ д. геогр. н, проф.

Надія МАКСИМЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/Аліна ГРЕЧКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/Світлана БУРЧЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Харків – 2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ХАРКІВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології

Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр

Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ /проф. Надія МАКСИМЕНКО

підпис

ім'я та прізвище

«__» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Тетяні Рєзнік

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи: Індикативний моніторинг якості атмосферного повітря
м. Харків та м. Кропивницький

керівник роботи Олена Гололобова, кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету № 4301-5/967 від 16.04.2025 р.

2. Строк подання студентом роботи «13» травня 2025 року _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Проаналізувати нормативно-правову базу України та ЄС щодо організації та проведення моніторингу якості атмосферного повітря.

2. Здійснити збір даних щодо стану атмосферного повітря в м. Харків та м. Кропивницький за допомогою мережі громадського моніторингу EcoCity.

3. Дослідити основні джерела забруднення (промислові підприємства, транспорт, наслідки військових дій) та їх вплив на якість повітря.

4. Провести статистичний аналіз концентрацій забруднюючих речовин (PM2.5, PM10, NO₂, CO, NH₃, радіаційний фон) за період з квітня 2024 по березень 2025 року.

5. Оцінити ступінь забруднення атмосферного повітря за показниками, порівняти з нормами ВООЗ та національними стандартами.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Опрацювання бібліографічних джерел.
2	Проведення польових досліджень.
3	Написання кваліфікаційної роботи.

5. Дата видачі завдання «28» травня 2024 року

Студентка _____ Тетяна РЄЗНІК

ім'я і прізвище
Керівник роботи _____ доц. Олена ГОЛОЛОБОВА

ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ІНДИКАТИВНИЙ МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
М. ХАРКІВ ТА М. КРОПИВНИЦЬКИЙ**

Тетяна РСЗНІК

Кваліфікаційна робота «Індикативний моніторинг якості атмосферного повітря м. Харків та м. Кропивницький» містить 49 сторінок, 4 розділи, 12 таблиць, 9 рисунків та 21 використане джерело.

Мета роботи: Оцінити якість атмосферного повітря в містах Харків та Кропивницький за допомогою індикативних вимірювань, виявити основні джерела забруднення та проаналізувати вплив різних факторів на стан атмосферного повітря.

Актуальність теми. Система індикативного моніторингу в Україні залишається недостатньо розвиненою, що створює значні перешкоди для ефективного управління екологічною ситуацією. Відсутність сучасних технологій, обмежене фінансування та недостатня кількість кваліфікованих фахівців призводять до того, що дані про стан довкілля збираються нерегулярно і часто є неповними. Забруднення атмосферного повітря є особливо актуальною через значну концентрацію промислових об'єктів, застарілі технології виробництва, недостатню увагу до екологічних стандартів, а також наслідки воєнних дій.

Об'єктом дослідження є показники атмосферного повітря м. Харків та м. Кропивницький.

Предмет дослідження: Концентрації забруднюючих речовин (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, NH₃) та радіаційний фон, їх динаміка та вплив на екологічну ситуацію.

Завдання. Дослідження передбачало здійснити збір даних щодо стану атмосферного повітря в містах Харків та Кропивницький та провести аналіз джерел забруднення та факторів впливу на якість повітря для обраних міст.

Методи дослідження: аналіз нормативно-правових і наукових джерел, метод спостереження, статистичний метод обробки інформації, порівняльний аналіз отриманих результатів.

Результати. Визначено, що за весь період аналізу показників в м. Харків концентрації твердих частинок PM_{2,5} та PM₁₀ періодично перевищували гранично допустимі концентрації. У м. Кропивницький рівень забруднення повітря є нижчим, однак також фіксуються підвищення концентрацій PM_{2,5} та PM₁₀. Радіаційний фон не перевищував ГДК протягом усього періоду дослідження.

АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ , НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ , ГДК , ІНДИКАТИВНИЙ МОНІТОРИНГ,
СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ

ABSTRACT
INDICATIVE MONITORING OF AIR QUALITY IN KHARKIV AND
KROPYVNYTSKYI

Tetiana RIEZNIK

Qualification work “Indicative monitoring of air quality in Kharkiv and Kropyvnytskyi” contains 49 pages, 4 chapters, 12 tables, 9 pictures and 21 references.

The purpose of the work: to assess the quality of atmospheric air in Kharkiv and Kropyvnytskyi by a set of pollution indicators based on indicative measurements.

Relevance of the topic. The system of indicative monitoring in Ukraine remains underdeveloped, which creates significant obstacles to effective environmental management. The lack of modern technologies, limited funding, and insufficient number of qualified specialists lead to the fact that data on the state of the environment is collected irregularly and is often incomplete. Air pollution is particularly problematic due to the high concentration of industrial facilities, outdated production technologies, insufficient attention to environmental standards, and the effects of military operations.

Object of the study is the atmospheric air indicators in Kharkiv and Kropyvnytskyi.

The subject of the study: concentrations of pollutants (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, NH₃) and radiation background, their dynamics and impact on the environmental situation.

Methods: analysis of regulatory and scientific sources, observation method, statistical method of information processing, comparative analysis of the results obtained.

Results. It has been determined that during the entire period of analysis of indicators in Kharkiv, the concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ particulate matter periodically exceed the maximum permissible concentrations, especially in industrial areas and near highways. In Kropyvnytskyi, the level of air pollution is lower, but an

increase in PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations is also recorded. The radiation background did not exceed the MPC during the entire study period.

ATMOSPHERIC AIR, REGULATORY AND LEGAL ASSURANCE OF
ATMOSPHERIC AIR QUALITY, INSULARITY INDEX, INDICATIVE
MONITORING, STATISTICAL ANALYSIS

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВОМЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	10
1. 1. Національне законодавство України.....	10
1. 2 Нормативно-правове забезпечення громадського моніторингу якості атмосферного повітря.....	18
РОЗДІЛ 2. ЗНАЧУЩІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ІНДИКАТИВНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПОКАЗНИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	22
2. 1. Аналіз джерел забруднення та факторів впливу на якість повітря для м. Харків та м. Кропивницький.....	22
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	31
3. 1. Індикативний моніторинг оцінки якості атмосферного повітря....	31
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗАБРУДНЕННЯ ЗА ОБРАНИМИ ПОКАЗНИКАМИ, ДЛЯ М. ХАРКІВ ТА М. КРОПИВНИЦЬКИЙ.....	35
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

ВСТУП

Актуальність дослідження. Система індикативного моніторингу в Україні залишається недостатньо розвиненою, що створює значні перешкоди для ефективного управління екологічною ситуацією. Відсутність сучасних технологій, обмежене фінансування та недостатня кількість кваліфікованих фахівців призводять до того, що дані про стан довкілля збираються нерегулярно і часто є неповними. Більшість громадських станцій використовують недорогі сенсори, які не завжди проходять сертифікацію, що знижує точність і надійність даних. Також громадські мережі часто не інтегровані з державними системами, що ускладнює створення єдиної бази даних і використання результатів для прийняття управлінських рішень.

В Україні проблема забруднення повітря є особливо актуальною через значну кількість викидів промислових підприємств, транспорту, спалювання викопного палива та сільськогосподарська діяльність, які призводять до накопичення в атмосфері шкідливих речовин, таких як діоксид сірки, оксиди азоту, тверді частинки та леткі органічні сполуки. Ситуація ускладнюється військовими діями, які спричиняють додаткове забруднення через вибухи, пожежі та руйнування промислових об'єктів, що призводить до викидів токсичних речовин, таких як важкі метали та хімічні сполуки.

Мета роботи: Оцінити якість атмосферного повітря в містах Харків та Кропивницький за допомогою індикативних вимірювань, виявити основні джерела забруднення та проаналізувати вплив різних факторів на стан атмосферного повітря.

Об'єктом дослідження є показники атмосферного повітря м. Харків та м. Кропивницький.

Предмет дослідження: Концентрації забруднюючих речовин (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, NH₃) та радіаційний фон, їх динаміка та вплив на екологічну ситуацію.

Завдання дослідження:

- Проаналізувати нормативно-правову базу України та ЄС щодо організації та проведення моніторингу якості атмосферного повітря.
- Здійснити збір даних щодо стану атмосферного повітря в м. Харків та м. Кропивницький за допомогою мережі громадського моніторингу EcoCity.
- Дослідити основні джерела забруднення (промислові підприємства, транспорт, наслідки військових дій) та їх вплив на якість повітря.
- Провести статистичний аналіз концентрацій забруднюючих речовин (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, NH₃, радіаційний фон) за період з квітня 2024 по березень 2025 року.
- Оцінити ступінь забруднення атмосферного повітря за показниками, порівняти з нормами ВООЗ та національними стандартами.

Методи дослідження: аналіз нормативно-правових і наукових джерел, метод спостереження, статистичний метод обробки інформації, порівняльний аналіз отриманих результатів.

РОЗДІЛ 1

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

1. 1. Національне законодавство України.

Система моніторингу атмосферного повітря в Україні регулюється низкою нормативно-правових актів, які забезпечують єдиний підхід до збору, аналізу та використання даних про стан повітряного басейну.

У 1998 році було прийнято Положення про державну систему моніторингу довкілля, згідно до якого моніторинг якості атмосферного повітря є ключовим інструментом для оцінки стану довкілля, прогнозування змін та розроблення науково обґрунтованих управлінських рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища. Основна мета моніторингу полягає у зборі, обробленні, збереженні та аналізі даних про якість повітря, оцінці рівня його забруднення, а також визначенні впливу забруднюючих речовин на здоров'я населення та екосистеми [1].

Це Положення визначало порядок створення та функціонування такої системи в Україні. Його доповнювали такі основні нормативні акти, що регламентували моніторинг об'єктів довкілля:

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 09. 03. 1999 № 343 «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [2];
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 20. 07. 1996 № 815 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» [3];
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 20. 08. 1993 № 661 «Про затвердження Положення про моніторинг земель» [4];

4. Постанова Кабінету Міністрів України від 26. 02. 2004 № 51 «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення» [5].

Завданнями моніторингу атмосферного повітря є: контроль та оцінка впливу на якість атмосферного повітря, ефективності заходів, спрямованих на скорочення викидів забруднюючих речовин; визначення рівня забруднення атмосферного повітря на визначеній території за певний проміжок часу, на основі отриманої інформації в результаті проведення моніторингу; оцінка відповідності стану повітря встановленим вимогам якості повітря, впливу забруднення атмосферного повітря на навколишнє середовище, здоров'я та життєдіяльність населення; інформування громадськості про стан атмосферного повітря[6].

Об'єктами моніторингу атмосферного повітря являються : атмосферне повітря, атмосферні опади, загальний осад [6].

Суб'єктами моніторингу атмосферного повітря є:

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля) – здійснення загальної організації та координації суб'єктів моніторингу атмосферного повітря;

2. Міністерство охорони здоров'я України (МОЗ) – встановлення пунктів спостережень та проведення спостережень за рівнями забруднюючих речовин , та визначення впливів на здоров'я населення у результаті моніторингу атмосферного повітря, який був проведений іншими суб'єктами;

3. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) встановлення пунктів спостережень та проведення спостережень за рівнями забруднюючих речовин , складовими та показниками атмосферних опадів , надання суб'єктам моніторингу атмосферного повітря гідрометеорологічних прогнозів, проведення моніторингу транскордонного перенесення забруднюючих речовин відповідно до Конвенції про транскордонне перенесення забруднення;

4. Орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища – встановлення пунктів спостережень та проведення спостережень за рівнями забруднюючих речовин в межах території Автономної Республіки Крим;

5. Обласні, Київська та Севастопольська міські державні адміністрації виконавчі органи міських рад: встановлення пунктів спостережень та проведення спостережень за рівнями забруднюючих речовин в межах території відповідної зони або агломерації [6].

З 2019 року почалася трансформація державної системи моніторингу довкілля. Найперше вона торкнулася моніторингу атмосферного повітря. Новий порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря був затверджений постановою Кабінету Міністрів України № 827 від 14 серпня 2019 року [6].

Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16. 10. 2001 № 2707-III – визначає загальні принципи державного контролю за якістю повітря, обов'язки суб'єктів господарювання та повноваження органів влади. [7]

Постанова КМУ № 827 від 14. 08. 2019 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» – впроваджує сучасну систему моніторингу за європейськими стандартами, включаючи: поділ території на 25 зон та 24 агломерації; контроль за 13 забруднюючими речовинами (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, озон тощо) та обов'язкове інформування громадськості про стан повітря[6].

Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 21 квітня 2021 року № 300 «Про затвердження Порядку розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях» відіграє важливу роль у вдосконаленні системи моніторингу якості повітря в Україні. Цей документ визначає порядок організації спостережень за забрудненням атмосферного повітря, що є частиною державної політики у сфері охорони навколишнього середовища та спрямований на підвищення точності та ефективності екологічного моніторингу [8].

Документ встановлює вимоги до вибору місць для розташування пунктів моніторингу, що мають враховувати географічні, кліматичні, соціально-економічні особливості та рівень забруднення конкретних зон і агломерацій. Це дозволяє забезпечити репрезентативність даних, які збираються, та точніше відображати рівні забруднення повітря [8].

Укладання угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом разом із державами-членами, відкрило можливість щодо запровадження зразків у сфері охорони навколишнього середовища. Для України впровадження законодавства ЄС в галузі охорони навколишнього середовища проводиться в межах восьми секторів і впорядковується 29 джерелами права – Директивами та Регламентами ЄС, які встановлюють загальні правила та стандарти, що мають бути відображені у внутрішньодержавному праві [9].

Джерела права ЄС мають на меті визначити кількісні та якісні результати, яких треба досягти кожній країні протягом зазначеного періоду часу та зосереджують увагу на процедурах, які потрібно здійснити для досягнення цих результатів. Особливістю Директив ЄС є те, що держави повинні пристосувати своє законодавство для реалізації цілей, поставленими Директивами, але при цьому особисто визначають методи їх досягнення [9].

Шість директив, якими регламентується Моніторинг за якістю атмосферного:

1. Директива 1999/32/ЕС про сірку у рідкому паливі[10];
2. Директива 98/70/ЕС щодо якості бензину та дизельного палива[11];
3. Директива 94/63/ЕС стосовно контролю летючих органічних сполук(ЛОС)[12];
4. Директива 2004/42/ЕС про фарби[13];
5. Директива 2004/107/ЕС щодо As, Cd, Hg, Ni та поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ) у атмосферному повітрі [14].;
6. Директива 2016/2284/ЄС про скорочення національних викидів (NEC) вимагає зниження викидів SO_2 , NO_x , NH_3 до 2030 року [15].

7. Директива 2008/50/ЄС «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи» – основа для української реформи 2019 року [9].

Мета Директиви 2008/50/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи» полягає у встановленні рамкових вимог щодо контролю та оцінки якості атмосферного повітря. Згідно до вимог Директиви 2008/50/ЄС країна повинна встановити на всій своїй території зони та агломерації для проведення моніторингу якості атмосферного повітря, а також упорядкувати їх перегляд. У разі перевищення концентрації забруднюючих речовин будь-яких встановлених граничних величин, або загрози їх перевищення, розробляється план заходів для покращення якості повітря на визначених територіях та встановлення складу та розташування мережі спостережень[9].

Директива 2008/50/ЄС визначає вимоги до ряду першочергових обов'язкових для спостереження показників, які мають відповідати стандартам ЄС та встановлює основні граничні значення для захисту здоров'я населення:

1. Для PM_{10} середньорічне – 40 мкг/м^3 , 24-годинне граничне значення – 50 мкг/м^3 , не може перевищуватися більш ніж 35 разів протягом календарного року;
2. Для $PM_{2,5}$ цільове значення та граничне значення для етапу 1 – середньорічне – 25 мкг/м^3 ;
3. Для $PM_{2,5}$ граничне значення для етапу 2 – середньорічне – 20 мкг/м^3 ;
4. Для SO_2 погодинне граничне значення – 350 мкг/м^3 , не може перевищуватися більш ніж 24 рази протягом календарного року; 24-годинне граничне значення – 125 мкг/м^3 , не може перевищуватися більш ніж 3 рази протягом календарного року;
5. Для NO_2 середньорічне – 40 мкг/м^3 , погодинне граничне значення – 200 мкг/м^3 , не може перевищуватися більш ніж 18 разів протягом календарного року;
6. Для свинцю середньорічне – $0,5 \text{ мкг/м}^3$;

7. Для бензолу середньорічне – 5 мкг/м³;
8. Для СО граничне добове 8-годинне значення – 10 мг/м³;
9. Для О₃ цільове значення – граничне добове 8-годинне значення – 120 мкг/м³, не може перевищуватися більш ніж 25 днів протягом календарного року за 3 роки [9].

В Україні наразі не проводиться вимірювання концентрацій ключових забруднювачів – озону та дрібних фракцій суспендованих речовин РМ_{2,5} і РМ₁₀.

Окрім норм якості атмосферного повітря Директива встановлює:

1. Правила оцінки якості атмосферного повітря (верхній і нижній порогови оцінки, вимірювання, моделювання, комбінування, цілі щодо якості даних): верхній поріг оцінювання – це рівень, нижче якого можливе застосування поєднання фіксованих вимірювань і методів моделювання або індикативних вимірювань для оцінки якості повітря; нижній поріг оцінювання – це рівень, нижче якого можливе застосування винятково методи моделювання чи об'єктивної оцінки. У випадку наявного обсягу, проводиться визначення на основі концентрацій протягом попередніх п'яти років. Поріг оцінювання вважається перевищеним, якщо він був перевищений протягом щонайменше трьох окремих років з попередніх п'яти років. У випадку, якщо наявні дані за період менше п'яти років, держави-члени мають можливість комбінувати короткострокові кампанії з вимірювання протягом одного року та в характерних місцях імовірного розташування високих рівнів забруднення, опираючись на результати, які були отримані з інформації від кадастру шкідливих викидів та моделювання, для визначення перевищення норм верхнього та нижнього порогів оцінювання [9].

2. Принципи підготовки місцевих, регіональних або національних планів для поліпшення якості атмосферного повітря, та список відомостей, які повинні бути додані, та короткострокових планів дій, включаючи їх докладний зміст: розміщення пунктів відбору проб для вимірювання двоокису сірки, двоокису азоту і окисів азоту, твердих часток (РМ₁₀, РМ_{2,5}), свинцю, бензолу і

окису вуглецю в атмосферному повітрі: у всіх зонах чи агломераціях, де фіксовані вимірювання є єдиним джерелом інформації для оцінювання якості повітря, кількість пунктів відбору проб для кожного забрудника не повинна бути нижчою мінімальної кількості пунктів відбору проб; у зонах та агломераціях, у яких інформація від фіксованих пунктів спостереження за рівнями діоксиду сірки, діоксиду азоту та оксидів азоту, бензолу, оксиду вуглецю, свинцю, твердих часток доповнена інформацією, яка була отримана з використанням додаткових методів вимірювання (моделювання або індикативних вимірювань), кількість пунктів спостереження може бути зменшена на 50 відсотків за умови дотримання таких вимог [9].

3. Принципи визначення зон та агломерацій. Держави-члени встановлюють зони та агломерації по всій своїй території. Управління оцінкою якості повітря виконується в усіх зонах та агломераціях: міські фонові пункти моніторингу розташовуються таким чином, щоб на їх рівень забруднення впливали інтегровані викиди з усіх джерел проти вітру щодо розташування станції; приміські розташовуються на певній відстані від району максимальних викидів, за вітром відносно головного напрямку вітру під час умов, які сприяють формуванню озону [9].

4. Звітність до Європейської Комісії про якість атмосферного повітря: інформація щодо якості атмосферного повітря надається Комісії в межах прогнозованих строків, які визначені у заходах з імплементації; для оцінки відповідності граничним величинам і критичним та досягнення цільових величин, інформація надається Комісії не пізніше, ніж через дев'ять місяців після закінчення кожного року, і включає зміни, внесені у тому році до списків і меж зон і агломерацій, список зон і агломерацій [9].

5. Вимоги доступності інформації для громадськості: держави-члени повинні надати вчасний і безкоштовний доступ інформації для громадськості, а також екологічних організацій про якість атмосферного повітря; відстрочені рішення; плани, щодо якості атмосферного повітря. [9].

1. Постанова КМУ № 827 від 14. 08. 2019 визначає принципи зонування та розміщення пунктів спостереження, що є основою для аналізу концентрацій РМ2.5. Відсутність офіційних вимірювань РМ2.5 у деяких містах змушує покладатися на дані громадських станцій, що підкреслює необхідність гармонізації державного та громадського моніторингу [6].

1.2 Нормативно-правове забезпечення громадського моніторингу якості атмосферного повітря

Нормативно-правове забезпечення громадського моніторингу якості атмосферного повітря в Україні ґрунтується на низці законів, підзаконних актів та міжнародних угод. Основні документи включають:

1. Конституція України. Стаття 50: Гарантує право на безпечне для життя та здоров'я довкілля. Стаття 13: Держава забезпечує екологічну безпеку та екологічний контроль [16] [17].

2. Законодавство про охорону довкілля. Закон України "Про охорону атмосферного повітря" (№ 2709-ХІІ від 16. 06. 1992) Визначає право громадян на доступ до інформації про стан повітря, передбачає участь громадськості в моніторингу та контролі [7].

3. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" (№ 1264-ХІІ від 25. 06. 1991) закріплює право громадян на екологічну інформацію (ст. 9) , передбачає громадський екологічний контроль (ст. 16) [18].

4. Доступ до інформації та громадська участь. Закон України "Про доступ до публічної інформації" (№ 2939-VІ від 13. 01. 2011) зобов'язує державні органи надавати дані про стан довкілля[19].

5. Закон України "Про оцінку впливу на довкілля" (№ 2059-VІІІ від 23. 05. 2017) передбачає громадські слухання та обговорення екологічних проектів [20].

6. Міжнародні угоди. Орхуська конвенція , яка ратифікована Україною в 1999 р. гарантує право громадян на: доступ до екологічної інформації, участь у прийнятті рішень, доступ до правосуддя у справах, що стосуються довкілля [21].

7. Конвенція про забруднення повітря на великі відстані (англ. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, CLRTAP) — міжнародний договір, укладений під егідою ЄЕК ООН у 1979 році. Україна є стороною конвенції з 1980 року [22].

Ця угода спрямована на боротьбу з транскордонним забрудненням повітря (наприклад, викидами SO_2 , NO_x , важких металів, стійких органічних забруднювачів) та передбачає:

1. Зниження викидів шкідливих речовин;
2. Науковий обмін даними про забруднення;
3. Спільні стандарти моніторингу [22].

Конвенція вимагає від держав публікувати інформацію про викиди та якість повітря. Україна зобов'язана надавати дані в Європейську програму моніторингу та оцінки (ЕМЕР) , що відкриті для громадськості.

CLRTAP сприяє впровадженню єдиних методів вимірювання (наприклад, для $\text{PM}_{2.5}$, діоксиду сірки). Громадські організації можуть порівнювати свої дані з офіційними, використовуючи ті самі критерії. Україна бере участь у протоколах CLRTAP (наприклад, Гетеборзький протокол щодо обмеження викидів SO_2 , NO_x , аміаку) [22].

Громадські організації можуть використовувати ці зобов'язання для адвокації жорсткіших норм в Україні.

Громадський контроль та ініціативи. Проекти громадського моніторингу (EcoCity, SaveDnipro) можуть використовувати дані державних систем (наприклад, Єдиної системи екологічного моніторингу) .

Громадські організації мають право проводити незалежні вимірювання (за умови використання сертифікованого обладнання) .

Через Орхуську конвенцію (яка тісно пов'язана з CLRTAP) громадяни можуть вимагати:

1. Доступу до інформації про викиди підприємств;
2. Учасі в обговоренні екологічних рішень;
3. Оскарження бездіяльності влади [21].

Тобто, громадський моніторинг якості повітря підтримується законодавством, але його ефективність залежить від: правової підтримки громадських ініціатив, наявності механізмів оскарження у разі порушень.

Для активізації громадського моніторингу важливо використовувати Орхуську конвенцію та вимагати від держави прозорості в екологічній звітності.

Проблеми та перспективи громадського моніторингу

Недостатньо реалізовані напрями: вимірювання $PM_{2.5}$ та озону – відсутні в національній системі моніторингу (необхідно впроваджувати згідно з Директивою 2008/50/ЄС), обмежена кількість станцій – у 2024 році лише 67 пунктів спостереження (для порівняння: у Польщі – понад 500).

Перспективи: запровадження автоматизованих систем моніторингу (наприклад, датчиків AirVisual), інтеграція з Європейською системою інформації про повітря (Air Quality e-Reporting) .

Ключові напрями розвитку:

1. Розширення мережі станцій для вимірювання $PM_{2.5}$ та озону.
2. Впровадження планів з покращення якості повітря у всіх агломераціях.
3. Підвищення прозорості даних для громадськості (наприклад, через додатки «Еко-повітря») .

РОЗДІЛ 2

ЗНАЧУЩІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ІНДИКАТИВНИХ ВИМІРЮВАНЬ
ПОКАЗНИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

2.1. Аналіз джерел забруднення та факторів впливу на якість повітря для м. Харків та м. Кропивницький.

Харків – місто на північному сході України, адміністративний центр Харківської області. Клімат помірно континентальний : мінлива холодна та сніжна зима й спекотне літо. Середня температура року у січні та липні становить $+6,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+20,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно. Середня кількість опадів за рік – 513 мм., найбільша є у літній період у червні та липні [23].

Населення: 1,5 млн осіб, площа міста – 350 км². Беручи до уваги місто разом з прилеглими районами кількість населення – понад 2 млн осіб [23].

Територія м. Харків налічує 9 адміністративних районів: Індустріальний, Київський, Немишлянський, Новобаварський, Салтівський, Основ'янський, Холодногірський, Шевченківський, Слобідський [23].

Стан атмосферного повітря Харківської області формується обсягами викидів забруднюючих речовин від пересувних та стаціонарних джерел забруднення. До стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря слід віднести викиди крупних промислових підприємств, особливо, паливноенергетичного комплексу, машинобудівних, коксового та хімічного виробництв. Переважну більшість викидів від пересувних джерел в Харківській області дає автомобільний транспорт, значно менше – виробничий транспорт, роль залізничного, авіаційного у забрудненні атмосферного повітря є незначною [25].

Для наочного розуміння викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення повітря дані надано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин за категоріями стаціонарних джерел забруднення у 2022 році. [24]

Кількість викинутих у атмосферне повітря забруднюючих речовин, т	Усього	У тому числі	Енергетика	Виробництво	Сільське господарство	Відходи	Інші стаціонарні джерела викидів
Сірки діоксид	7356		7323	6,8	12	1,8	12,5
Діоксид азоту	3094		2935	49,1	9, 6	6,4	93,7
Оксид вуглецю	3243		2643	129	2	16,3	452,7
Неметанові леткі органічні сполуки	993		268,5	196	10	7,9	510,9
Поліароматичні вуглеводні	5,9		0,2	4,3	1, 4	—	—
Тверді частинки PM _{2,5}	193		91,2	27,7	31	0,1	43
Тверді частинки PM ₁₀	918		255,5	349	39	0,7	304
Аміак	66,2		8,1	7	45	5,9	0,4

Основними забруднювачами від промислових підприємств, таких як «Світло шахтаря» та «Червона Зірка» є: PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, сажа, дим, тверді частки оксидів заліза і сполук мангану. Можна виділити, що значна частина викидів CO₂, який належить до сильнодіючих отруйних речовин токсичної дії, і карбону (IV) оксиду (CO₂) припадає на енергетичний сектор харківських підприємств, а саме ПАБ «Харківська ТЕЦ-5», комплекс ДП «ТЕЦ-2», «Есхар», ЗАТ «ТЕЦ-3» [25].

Використання транспортних засобів з великим обсягом викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, є одними з найбільших забруднювачів. У великих містах забруднення довкілля викидами пересувних джерел складає 40 – 80 %. У повітря викидається велика кількість відпрацьованих вихлопних газів, які складаються більш ніж із 200 різних речовин. Більшість з них є сильними отрутами : оксид вуглецю, оксиди азоту, сполуки свинцю, ароматичні альдегіди, а також канцерогенні вуглеводні, наприклад бенз(а)пирени, що мають дуже високу активність і токсичність [26].

Оцінка шкідливих викидів залежить від типу транспортного засобу, режимів роботи двигуна і концентрацій компонентів відпрацьованих газів (CO , C_xH_y , NO_x , CO_2 , твердих частинок) . Зростання викидів CO і NO_x відбувається у бензинових транспортних засобах при розгоні, а зі збільшенням літражу двигуна, витрата палива і викиди C_xH_y також зростають. У дизельних транспортних засобів зростають викиди твердих частинок (сажі) і витрата палива, при уповільненні значення питомих викидів знижуються. Викиди CO газовими транспортними засобами істотно нижче, ніж бензиновими двигунами. Використання газодизельного циклу призводить до помітного зростання викидів CO і C_xH_y та зниження викидів NO_x і твердих частинок. Викиди CO вантажними транспортними засобами і автобусами з бензиновими двигунами більше, ніж у дизельних автомобілів. Однак в останніх більше викидів NO_x , твердих частинок і SO_2 [26].

З 2022 року м. Харків перебувало під постійними обстрілами. Під час військових дій утворюються небезпечні хімічні сполуки через детонацію ракет та мін, які можуть призвести до кислотних дощів та інших негативних наслідків для рослин та тварин. Через це відбувається негативний вплив на навколишнє середовище: руйнування промислових об'єктів, пожежі, вибухи. Харківська область є однією з трьох областей, в яких навколишнє середовище найбільше всього постраждало від військових дій, збитки внаслідок військових дій для довкілля становлять -11, 5 млрд. грн. [27].

Також внаслідок обстрілу зі сторони російської федерації 25 травня 2024 року руйнації зазнав гіпермаркет Харкова «Епіцентр». За розрахунками Державної екологічної інспекції у Харківській області, шкода, завдана неорганізованими викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря становить 4 226 892, 48 грн. , що свідчить про великий негативний вплив на екосистему та здоров'я населення. Пожежа в гіпермаркеті, яка тривала 14,5 години, призвела до значного забруднення атмосферного повітря через те, що будівельні суміші, фарба та матеріали почали вигоряти, створюючи над містом хмару токсичного диму [28].

Удар "Шахедами" по нафтобазі в Немишлянському районі Харкова 9 лютого призвів до екологічної катастрофи. Розлилося 3 тис. тонн нафтопродуктів. Забруднено 10 тис. кв. метрів території. Паливо потрапило в річку Немишля, а з неї в річки Харків, Лопань і Уди [27].

Військові дії також значно вплинули на рівень автомобільних викидів.

По-перше, масова евакуація цивільного населення призвела до збільшення інтенсивності руху на дорогах, що, у свою чергу, сприяло підвищенню рівня викидів від транспортних засобів. З початку 2022 року велика частина населення міста евакуювалася. За перші два тижні лише залізницею виїхало понад 600 тисяч людей, а також багато населення виїжджало власним транспортом. За підрахунками Харківської ОВА, навесні в місті залишилося 300 – 400 тисяч людей. Влітку 2022 люди почали поступово повертатися. Станом на листопад 2024 року в місті Харкові проживає 1, 2 мільйона людей, понад 200 тисяч з яких — внутрішньо переміщені особи. [29]

По-друге, активне використання військової техніки, яка зазвичай має вищі показники споживання палива та викидів, також суттєво вплинуло на екологічну ситуацію в регіоні.

Лісові пожежі стають ще одним серйозним наслідком військових дій. Вони призводять до значного зниження лісового фонду, загрози вимирання видів та міграції тварин. Крім того, продукти горіння потрапляють у атмосферне повітря суттєво забруднюючи його. Забруднення атмосферного

повітря сполуками сірки, азоту, незгорілими вуглеводнями, накопиченими у біомасі важкими металами тощо, а також викиди великих обсягів двоокису вуглецю (CO_2).

Кропивницький – місто в Україні, адміністративний центр Кропивницької міської територіальної громади, Кіровоградської області та Кропивницького району. Населення становить 215 тис. осіб, площа міста – 103 км², налічує два адміністративних райони – Фортечний та Подільський.

Клімат помірно континентальний, середня температура січня – + 5,6 °С, липня + 20,2°С. Середня кількість опадів за рік становить 474 мм., найменшою є у березні, найбільшою у липні [30].

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря в Кропивницькому : сільськогосподарська діяльність, промисловість, транспорт і побутові викиди.

Для наочного розуміння викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення повітря дані надано у таблиці 2.2.

Промисловість Кропивницького налічує 11 провідних галузей та 64 підприємств. Основна роль належить машинобудуванню та харчовій промисловості.

Основними промисловими підприємствами є : видобуток корисних копалин і розроблення кар'єрів: ДП «Кіровоградський облавтодор» ВАТ «ДАК» «Автомобільні дороги України»; виробництво харчових продуктів: ТОВ «Кіровоградхліб 2014», ТДВ «М'ясокомбінат «Ятрань», ТОВ «ФОН-САН»; виробництво машин і устаткування: ПАТ «Кіровоградський завод дозуючих автоматів», ТОВ «Кіровоградський завод вагодозуючого обладнання»; виробництво і хімічної продукції : ТОВ «Герметик», ТОВ «Кіровоградпостач»; виробництво фармацевтичних продуктів і препаратів: Приватне підприємство приватна виробнича фірма «Ацинус»; виробництво гумових і пластмасових виробів: ТОВ «Укрпромсервіс», ТОВ «Галеонстрой»; виробництво іншої неметалевої продукції: ТОВ «Кіровоградський ЗБМ №1» [32].

Підприємства є джерелами викидів пилу, оксидів азоту (NO_x) , летких органічних сполук (ЛОС) і важких металів. Процеси зварювання, фарбування та механічної обробки металу сприяють утворенню дрібнодисперсного пилу та токсичних газів.

Сільське господарство м. Кропивницький відіграє важливу роль, спричиняючи викиди аміаку (NH_3) через використання добрив і PM_{10} через спалювання стерні та опалого листя восени. Такі практики не лише підвищують концентрації PM_{10} , але й вивільняють пестициди, що містяться в рослинних залишках, погіршуючи якість повітря та викликаючи алергічні реакції у населення.

Основними сільськогосподарськими підприємствами є: вирощування зернових культур (крім рису) , бобових культур і насіння олійних культур – Фермерське господарство «Панасенка»; вирощування овочів і баштанних культур, коренеплодів і бульбоплодів – ТОВ «АФ» «Хлібодар»; продаж зернових культур, таких як насіння льону, ядро соняшника, коріандр, ядро гарбуза, гірчиця, сочевиця, мак харчовий, маргарини і жири, харчові інгредієнти, продукти харчування – ТОВ «СК + К» [33].

Таблиця 2.2

Викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин за категоріями стаціонарних джерел забруднення в м. Кропивницький у 2022 році [31]

Кількість Викинутих у атмосферне повітря забруднюючих речовин, т	Усього	У тому числі	Енергетика	Виробництво	Сільське господарство	Відходи	Інші стаціонарні джерела викидів
Сірки діоксид	656		472,14	163,7	3,65	0,2	5,06
Діоксид азоту	620,7		437,18	1216	3,6	0,6	15,56
Оксид вуглецю	2257		945,46	135, 7	38,7	0,6	56,02
Неметанові леткі органічні сполуки	329		151, 8	—	5,93	0	35,54
Поліароматичні вуглеводні	0,06		0,06	26,43	—	—	—
Тверді частинки, PM _{2, 5}	152,3		23,27	1042	31,7	1,1	69,78
Тверді частинки, PM ₁₀	1458		115,79	3,631	163	0,4	136 5
Аміак	169,3		0,15	163, 7	161	0	4,43

Місто Кропивницький, порівняно з м. Харків менше за населенням і транспортним потоком, але забруднення атмосферного повітря автотранспортом є однією з головних проблем. Місто має розвинену мережу доріг і значну кількість транспортних засобів, що включають легкові автомобілі, автобуси та вантажівки. Вихлопні гази від цих транспортних засобів містять оксид вуглецю (CO) , оксиди азоту (NO_x) , леткі органічні сполуки (C_xH_y) , тверді частинки (PM_{2. 5}, PM₁₀) та канцерогенні речовини, такі як бенз (а) пірен.

Під час повномасштабного вторгнення російської федерації Кропивницький став транзитним пунктом для евакуації населення з регіонів, наближених до зон активних бойових дій. Зростання кількості автомобілів, що використовуються для евакуації, а також переміщення гуманітарних вантажів і військової техніки через місто призвели до тимчасового збільшення викидів від

автотранспорту. Вихлопні гази, що містять CO, NO_x, PM_{2.5} і PM₁₀, накопичуються в міському повітрі, особливо в районах із високою транспортною активністю, таких як автовокзали та центральні магістралі.

Обстріли інфраструктурних об'єктів, таких як склади паливно-мастильних матеріалів, призводять до пожеж, що викидають у повітря токсичні гази, сажу та тверді частинки.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Індикативний моніторинг оцінки якості атмосферного повітря

Індикативний моніторинг оцінки якості атмосферного повітря – це спрощений метод оцінки якості атмосферного повітря, який використовує обмежену кількість вимірювань для отримання загальної картини рівня забруднення. На відміну від фіксованих вимірювань, що проводяться професійними лабораторіями з високоточним обладнанням, індикативний моніторинг застосовує портативні, недорогі пристрої (наприклад, станції EcoCity) для збору даних у реальному часі.

EcoCity – це мережа автоматизованих станцій моніторингу якості повітря та платформа для громадського моніторингу. Станції раз на хвилину визначають показники забрудненості повітря й надсилають їх на сервер. Створення станцій EcoCity проводилось за допомогою програмування на Arduino, та використання провідного каналу зв'язку – Ethernet.

Обрані сенсори:

1. сенсор SDS011 для визначення концентрацій мікропили (мають певну похибку ($\pm 10\%$), яка може впливати на точність даних);
2. Для температури й вологості сенсор DHT22 з точністю 0, 5 С для температури та 5% для відносної вологості;
3. Для атмосферного тиску вибрали доступний BMP 180 з точністю 1hPa;
4. Для вуличного шуму – простий мікрофон з підсилювачем, і за допомогою програми був виведен з аналогового сигналу рівень шуму.
5. Для радіаційного фону був обраний простий окремий пристрій для зчитування імпульсів з трубки Гейгера, який працює по UART [35].

Дослідження проводилось за допомогою мережі громадського моніторингу якості атмосферного повітря EсоCity у період з 9 квітня 2024 року по 20 березня 2025 року в м. Харків та м. Кропивницький.

Було обрано такі показники:

Для м. Харків – РМ 2.5 мкг/м³, РМ 10 мкг/м³, радіаційний фон мкР/год, аміак (NH₃) мкг/м³, діоксид азоту (NO₂) мкг/м³ та монооксид вуглецю (CO) мкг/год.

Для м. Кропивницький – РМ 2.5 мкг/м³, РМ 10 мкг/м³, радіаційний фон мкР/год.

Для оцінки відповідності застосовувалися стандарти якості повітря, зокрема Директива 2008/50/ЄС (поріг РМ2. 5–25 мкг/м³, РМ10–40 мкг/м³, діоксид азоту – 40 мкг/м³), та український індекс якості повітря UAQI. [9], [34]

UAQI класифікує якість повітря на шість категорій, в залежності від рівня забруднення:

1. Категорія якості повітря I (добра) – рівень забруднюючих речовин у повітрі відповідає нормам і не створює загрози для здоров'я.
2. Категорія якості повітря II (задовільна) – концентрація забруднюючих речовин у повітрі є безпечною і відповідає нормам, але чутливим групам населення слід обмежувати час перебування на вулиці.
3. Категорія якості повітря III (несприятлива) – вміст забруднюючих речовин у повітрі не перевищує допустимих норм, однак тривалий вплив може негативно позначитися на здоров'ї чутливих і вразливих груп населення.
4. Категорія якості повітря IV (погана) – рівень забруднення повітря є небезпечним при тривалому впливі, що може викликати загострення рефлекторних реакцій і негативно вплинути на здоров'я всіх груп населення.
5. Категорія якості повітря V (дуже погана) – концентрація забруднюючих речовин у повітрі становить загрозу для здоров'я чутливих і вразливих груп навіть при нетривалому впливі.

6. Категорія якості повітря VI (надзвичайно погана) – вміст забруднюючих речовин у повітрі є небезпечним навіть за короткострокового впливу для всіх категорій населення [34].

За допомогою офісного пакета Microsoft Office Excel для кожного показника (PM2. 5, PM10, радіаційний фон, аміак, діоксид азоту, монооксид вуглецю) побудовано лінійні діаграми, що відображають їх зміни протягом досліджуваного періоду.

Додатково виконано аналіз аномалій за методом міжквартильного розмаху (IQR) , що дозволило виявити періоди з піковими значеннями, зокрема в червні 2024 у Харкові та січні 2025 у Кропивницькому. Це стало основою для подальшого аналізу причин таких перевищень. Аналогічно було побудовані лінійні діаграми для інших показників.

Для всіх показників було виконано статистичний аналіз, а саме : середнє значення, медіана, максимум, мінімум, коефіцієнт варіації , дисперсія та перевірка на нормальність розподілу за допомогою тесту Шапіро-Уїлка, але через відсутність програмного забезпечення було використано альтернативні функції в Microsoft Office Excel – функції «СКОС» та «ЕКСЦЕС».

Для наочного розуміння статистичний аналіз PM2.5 для м. Харків та м. Кропивницький за квітень 2024 – березень 2025 буде представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Статистичний аналіз концентрації PM2.5 для м. Харків та м. Кропивницький (квітень 2024 – березень 2025), мкг/м³ [за автором]

PM2.5, м. Харків		PM2.5 (Кропивницький)	
Середнє:	8,31	Середнє:	6,26
Медіана	4,28	Медіана	4,1
Максимум	188, 7	Максимум	87
Мінімум	0,5	Мінімум	0,4

Коефіцієнт варіації	241%	Коефіцієнт варіації	128%
Дисперсія	345, 8	Дисперсія	51,75
Стандартне відхилення	20	Стандартне відхилення	8
Перевірка нормальності	6,85	Перевірка нормальності	5,53

Для статистичного аналізу Microsoft Excel були використані такі функції:

1. Функція «СРЗНАЧ» – визначає середнє арифметичне значень.
2. Функція «МАКС» та «МІН» – визначає найбільше та найменше значень відповідно.
3. Коефіцієнт варіації – використовується для порівняння мінливості концентрацій забруднювачів, та розраховується діленням значення стандартного відхилення на середнє значення вибірки.
4. Функція «СТАНДОТКЛОН. ВИБ.» – використовується для обчислення стандартного відхилення вибірки, тобто міри розсіювання даних відносно їхнього середнього значення
5. Функція «ДИСП» – оцінює дисперсію вибірки. Дисперсія – це показник варіації, який є середнім квадратом відхилень від математичного очікування.
6. Функція «СКОС» та «ЕКСЦЕС» – функція «СКОС» обчислює коефіцієнт асиметрії вибірки, який характеризує ступінь і напрямок асиметрії розподілу даних відносно середнього значення, функція «ЕКСЦЕС» обчислює коефіцієнт ексцесу вибірки, який характеризує гостроту піку розподілу.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗАБРУДНЕННЯ ЗА ОБРАНИМИ
ПОКАЗНИКАМИ , ДЛЯ М. ХАРКІВ ТА М. КРОПИВНИЦЬКИЙ

Дослідження проводилось у період з 9 квітня 2024 року по 20 березня 2025 року у м. Харків та м. Кропивницький.

Було обрано такі показники:

Для м. Харків – РМ 2.5 мкг/м³, РМ10 мкг/м³, радіаційний фон мкР/год, аміак (NH₃) мкг/м³, діоксид азоту (NO₂) мкг/м³ та монооксид вуглецю (CO) мкр/год.

Для м. Кропивницький – РМ 2.5 мкг/м³, РМ10 мкг/м³, радіаційний фон мкР/год.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу РМ2,5 надані у таблиці 4.1 та рисунку 4.1.

Таблиця 4. 1

Статистичний аналіз концентрацій РМ2.5 у період з 09.04.2024–
20.03.2025, мкг/м³ [за автором].

PM2.5	
Середнє:	8,31
Медіана	4,28
Максимум	188,70
Мінімум	0,50
Коефіцієнт варіації	241%
Дисперсія	345,80
Стандартне відхилення	20,00
Перевірка нормальності	6,85

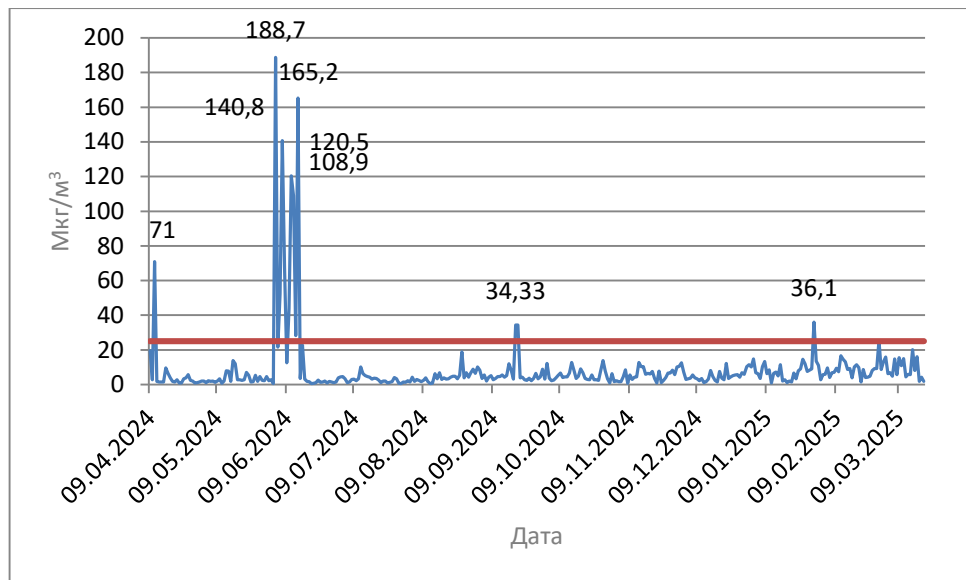


Рис. 4.1 – Концентрація PM2.5 у період з 09.04.2024– 0.03.2025, мкг/м³ [за автором]

Побудовано графік концентрації PM2.5 у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 50\%$ лежить у діапазоні 1,9–8,2 мкг/м³, половина вимірюваних даних має низьку або помірну концентрацію і не перевищує норму ГДК – 25 мкг/м³.

Визначено кластери аномальних значень:

1. 11.04.2024 : 71 мкг/м³.
2. 04.06.2024–08.06.2024 : від 52,3 до 188,7 мкг/м³.
3. 10.06.2024–14.06.2024 : від 43,8 до 165,2 мкг/м³.

Незначні перевищення:

1. 19.09.2024 : 34,33 мкг/м³.
2. 30.01.2024 : 36,1 мкг/м³.

Коефіцієнт варіації становить 241%, що свідчить про неоднорідну сукупність даних. Це пов'язано з високою мінливістю даних від 0,5 мкг/м³–188,7 мкг/м³, амплітуда даних – 188,2 мкг/м³.

Причинами мінливості даних є військові дії, промислові викиди та погодні умови.

Міри розкиду – дисперсія 345,8 (мкг/м³)² та стандартне відхилення 20 мкг/м³. Розподіл даних не є нормальним та має правосторонню асиметрію,

коефіцієнт асиметрії даних $6,85 > 0$, тобто екстремальні значення створюють правий хвіст, що виходить за межі основної маси даних.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу PM10 надані у таблиці 4.2 та рисунку 4.2.

Таблиця 4.2.

Статистичний аналіз концентрації PM10 у період з 09.04.2024–20.03.2025,
мкг/м³ [за автором]

PM 10	
Середнє:	14,16
Медіана	9,30
Максимум	198,90
Мінімум	1,20
Коефіцієнт варіації.	155%
Дисперсія	432,58
Стандартне відхилення	22,00
Перевірка нормальності	5,72

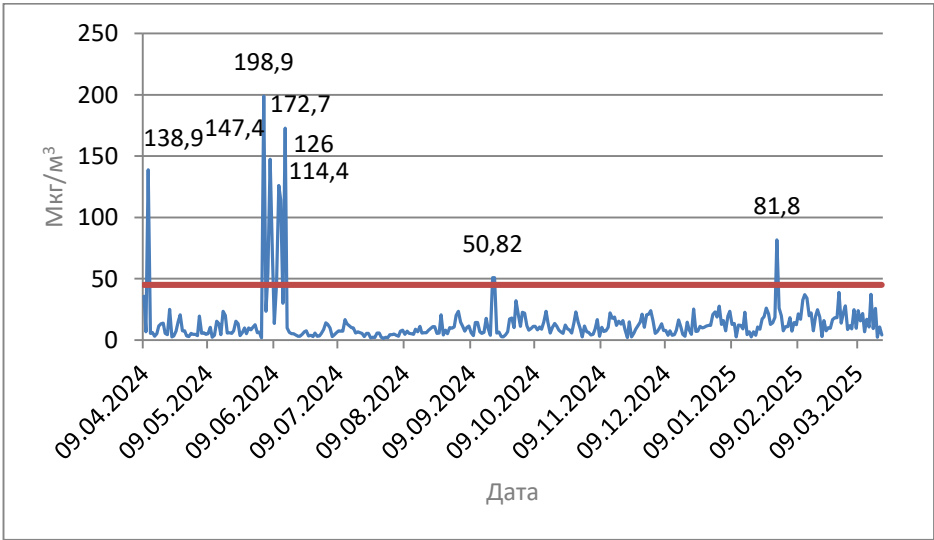


Рис 4.2 - Концентрація PM10 у період з 09.04.2024 – 20.03.2025, мкг/м³ [за автором].

Побудовано графік концентрації PM10 у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 75\%$ лежить у діапазоні 1,2–20,5 мкг/м³,

більше половини вимірюваних даних має низьку або помірну концентрацію і не перевищує норму ГДК – 45 мкг/м³.

Визначено кластери аномальних значень:

1. 11.04.2024 : 138,9 мкг/м³.
2. 04.06.2024–08.06.2024 : від 54,9 до 198,9 мкг/м³.
3. 10.06.2024–14. 06. 2024 : від 46 до 172,7 мкг/м³.
4. 30.01.2025 : 81,8 мкг/м³.

Незначні перевищення:

1. 19.09.2024 : 50,82 мкг/м³.

Коефіцієнт варіації становить 155%, що свідчить про неоднорідну сукупність даних. Це пов’язано з високою мінливістю даних від 1,2 мкг/м³–198,9 мкг/м³, амплітуда даних – 197,7 мкг/м³.

Причинами мінливості даних є військові дії, промислові викиди та погодні умови.

Міри розкиду – дисперсія 492,58 (мкг/м³)² та стандартне відхилення 22 мкг/м³. Аналогічно до PM2.5 розподіл даних не є нормальним та має правосторонню асиметрію, коефіцієнт асиметрії даних 5,72 > 0, тобто екстремальні значення створюють правий хвіст, що виходить за межі основної маси даних.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу радіаційного фону надані у таблиці 4.3 та рисунку 4.3.

Таблиця 4.3.

Статистичний аналіз радіаційного фону у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкР/год [за автором].

Радіаційний фон	
Середнє:	11,03
Медіана	10,73
Максимум	20,27
Мінімум	6,64
Коефіцієнт варіації.	18%

Дисперсія	3,76
Стандартне відхилення	2,00
Перевірка нормальності	1,38

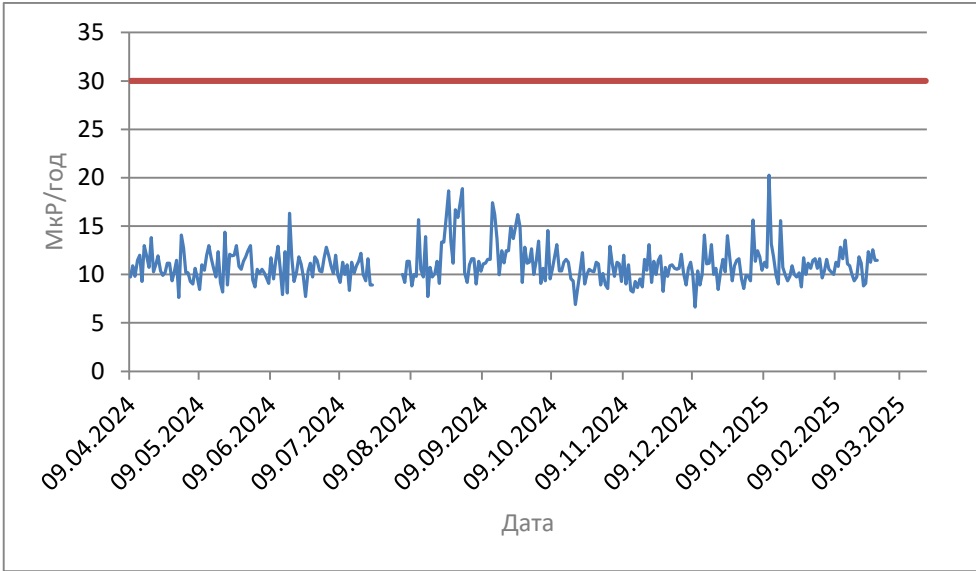


Рис. 4.3 - Концентрація радіаційного фону у період з 09.04.2024–20.03.2025,мкР/год [за автором]

Побудовано графік радіаційного фону у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 75\%$ лежить у діапазоні 6,64–12,45 мкР/год, вимірювані дані мають помірну концентрацію і не перевищують норму ГДК – 30 мкР/год. Амплітуда даних 13,63 мкР/год.

Протягом усього періоду дослідження кластерів аномальних значень не виявлено, що вказує на відсутність аномалій.

Коефіцієнт варіації становить 18%, що свідчить про однорідну сукупність даних.

Міри розкиду – дисперсія 3,76 (мк³в/год) ² та стандартне відхилення 2 мкР/год підтверджують стабільність даних. Медіана 10,73 мкР/год близька до середнього значення 11, 03 мкР/год, коефіцієнт асиметрії даних 1,38 > 0 вказує, що розподіл даних близький до нормального.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу аміаку надані у таблиці 4.4 та рисунку 4.4.

Таблиця 4.4.

Статистичний аналіз концентрації аміаку NH₃ у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м³ [за автором]

Аміак (NH ₃)	
Середнє:	1,24
Медіана	0,11
Максимум	26,62
Мінімум	0,03
Коефіцієнт варіації.	485%
Дисперсія	19,46
Стандартне відхилення	6,00
Перевірка нормальності	4,05

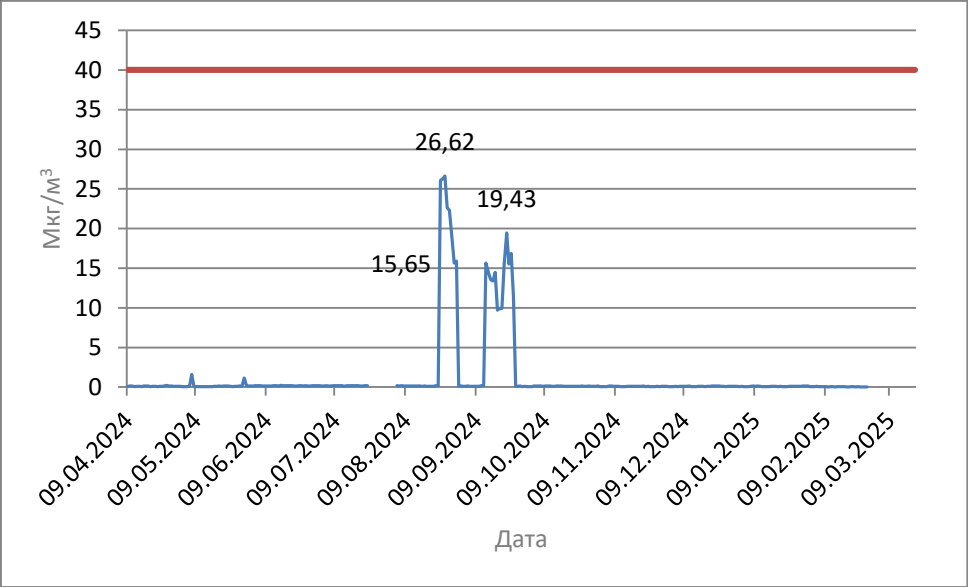


Рис. 4.4 - Концентрація аміаку NH₃ у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м³ [за автором]

Побудовано графік концентрації аміаку NH₃ у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 75\%$ лежить у діапазоні 0,03–0,16мкг/м³, більше половини вимірюваних даних має низьку або помірну концентрацію і не перевищує норму ГДК – 40 мкг/м³.

Кластерів аномальний значень не виявлено, хоча спостерігається підвищення концентрації у періоди:

1. 24.08.2024–30.08.2024 : від 15, 65 до 26,65 мкг/м³.
2. 13.09.2024–17.09.2024 : від 13, 37 до 15,66 мкг/м³.
3. 21.09.2024–25.09.2024 : від 11, 47 до 19,43 мкг/м³.

Що може бути пов'язане з промисловими викидами, та автомобільним транспортом.

Коефіцієнт варіації становить 485%, що свідчить про неоднорідну сукупність даних. Це пов'язано з високою мінливістю даних від 0,03 мкг/м³– 26,62 мкг/м³, амплітуда даних – 26,59 мкг/м³.

Міри розкиду – дисперсія 19,46 (мкг/м³)² та стандартне відхилення 6 мкг/м³. Розподіл даних не є нормальним та має правосторонню асиметрію, коефіцієнт асиметрії даних 5,05 > 0, тобто екстремальні значення створюють правий хвіст, що виходить за межі основної маси даних.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу діоксиду азоту надані у таблиці 4.5 та рисунку 4.5.

Таблиця 4.5.

Статистичний аналіз концентрації діоксиду азоту NO₂ у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м³ [за автором].

Діоксид азоту (NO ₂)	
Середнє:	23,69
Медіана	22,58
Максимум	45,83
Мінімум	5,48
Коефіцієнт варіації	34%
Дисперсія	55,09
Стандартне відхилення	8,00
Перевірка нормальності	0,41

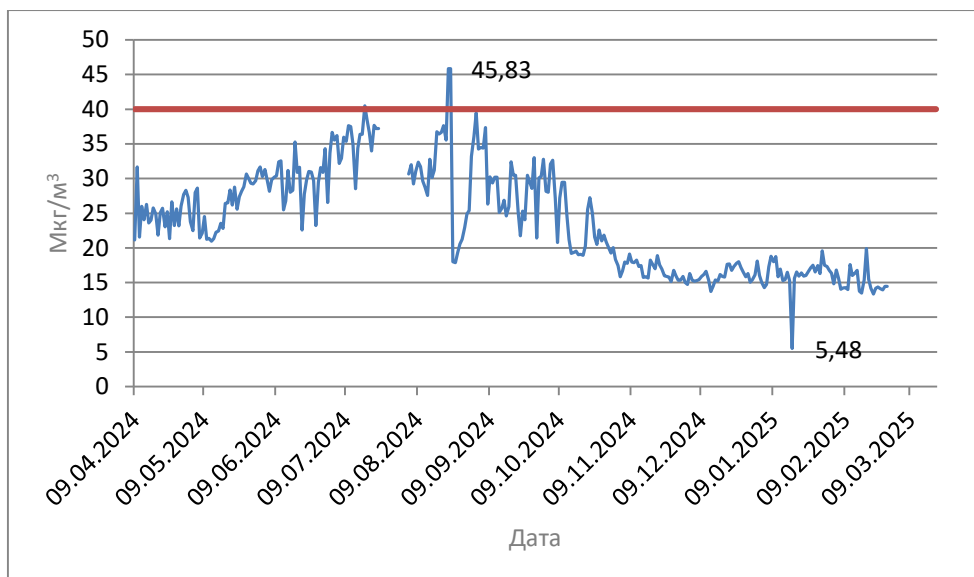


Рис. 4.5 - Концентрація діоксиду азоту NO_2 , у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м^3 [за автором]

Побудовано графік концентрації діоксиду азоту (NO_2) у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 75\%$ лежить у діапазоні 5,48–31 мкг/м^3 , більше половини вимірюваних даних має низьку або помірну концентрацію і не перевищує норму ГДК – 40 мкг/м^3 .

Кластери аномалій:

1. 17.01.2025 – 5,48 мкг/м^3 .

Невеликі перевищення :

1. 23.08.2024 – 45,83 мкг/м^3 .

Перевищення ГДК може бути пов'язане з великими викидами з автотранспорту, або їх відсутністю у разі зниження концентрації.

Коефіцієнт варіації становить 34%, що свідчить про однорідну сукупність даних. Висока мінливість даних від 5,48 мкг/м^3 –45,83 мкг/м^3 , амплітуда даних – 40,35 мкг/м^3 .

Міри розкиду – дисперсія 55,09 $(\text{мкг/м}^3)^2$ та стандартне відхилення 8 мкг/м^3 . Розподіл даних є нормальним, коефіцієнт асиметрії даних 0,41 > 0 вказує, що розподіл даних близький до нормального.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу монооксиду вуглецю надані у таблиці і 4.6 та рисунку 4.6.

Таблиця 4.6.

Статистичний аналіз концентрації монооксиду вуглецю CO у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м³ [за автором]

Монооксид вуглецю	
Середнє:	1,38
Медіана	1,20
Максимум	2,63
Мінімум	0,40
Коефіцієнт варіації	145%
Дисперсія	0,26
Стандартне відхилення	2,00
Перевірка нормальності	0,35

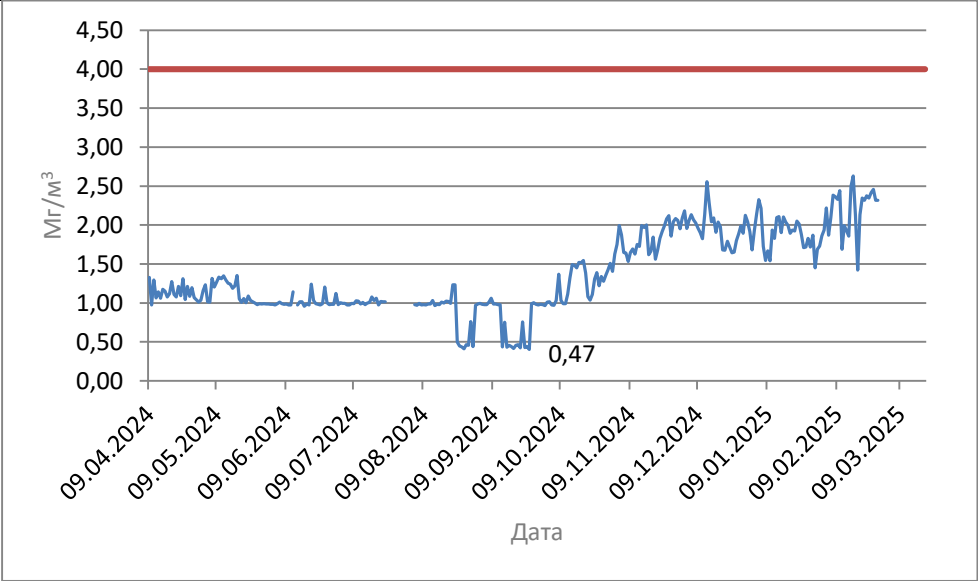


Рис. 4.6 - Концентрація діоксиду азоту NO₂ у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м³ [за автором]

Побудовано графік концентрації монооксиду вуглецю (CO) у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 75\%$ лежить у діапазоні 1,2–2,0 мкг/м³, всі вимірювані дані мають низьку або помірну концентрацію і не перевищує норму ГДК – 40 мкг/м³.

Кластерів аномалій не виявлено, хоча спостерігається зниження концентрації монооксиду вуглецю у періоди :

- 1. 24.08.2024–31.08.2024: від 0,41 до 0,50 мг/м³.
- 2. 13.09.2024–25.09.2024: від 0,43 до 0,76 мг/м³.

Коефіцієнт варіації становить 145%, що свідчить про неоднорідну сукупність даних. Висока мінливість даних від 0,4 мг/м³–2,6 мг/м³, амплітуда даних – 2,1 мг/м³.

Міри розкиду – дисперсія 0,26 (мкг/м³)² та стандартне відхилення 2мкг/м³. Розподіл даних є нормальним, коефіцієнт асиметрії даних 0,35 > 0 вказує, що розподіл даних близький до нормального.

М. Кропивницький.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу РМ 2.5 надані у таблиці 4.7 та рисунку 4.7.

Таблиця 4.7.

Статистичний аналіз концентрації РМ 2.5 у період з 09.04.2024–20.03.2025,
мкг/м³, мкг/м³ [за автором]

РМ 2.5	
Середнє:	6,26
Медіана	4,10
Максимум	87,00
Мінімум	0,40
Коефіцієнт варіації	128%
Дисперсія	51,75
Стандартне відхилення	8,00
Перевірка нормальності	5,53

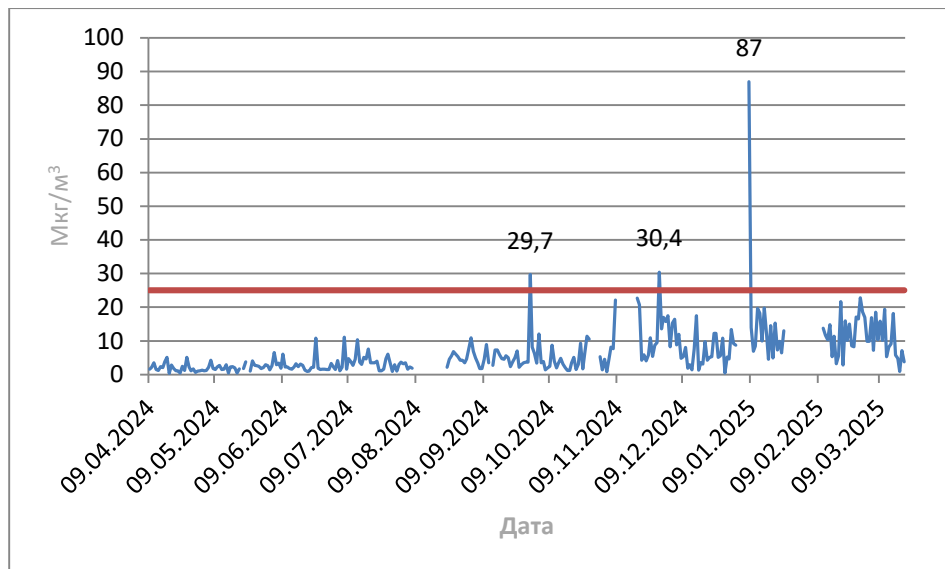


Рис. 4.7 - Концентрація РМ 2,5 у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м³, мкг/м³
[за автором]

Побудовано графік концентрації РМ 2,5 у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 60\%$ лежить у діапазоні 1,1–2,5 мкг/м³, більше половини даних мають низьку або помірну концентрацію і не перевищують норму ГДК – 25 мкг/м³.

Кластери аномалій:

1. 30.09.2024 – 29,7 мкг/м³.
2. 28.11.2024 – 30,4 мкг/м³.
3. 08.01.2025 – 87 мкг/м³.

Коефіцієнт варіації становить 128%, що свідчить про неоднорідну сукупність даних. Висока мінливість даних від 0,4–87,0 мкг/м³, амплітуда даних – 86,6 мкг/м³.

Причинами мінливості даних є військові дії, промислові викиди та погодні умови.

Міри розкиду – дисперсія 51,75 (мкг/м³)² та стандартне відхилення 8 мкг/м³. Розподіл даних не нормальний, коефіцієнт асиметрії даних 5,53 > 0 тобто екстремальні значення створюють правий хвіст, що виходить за межі основної маси даних.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу РМ10 надані у таблиці 4.8 та рисунку 4.8.

Таблиця 4.8.

Статистичний аналіз концентрації РМ 10 у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м³, [за автором]

РМ 10	
Середнє:	12,03
Медіана	8,60
Максимум	57,90
Мінімум	1,10
Коефіцієнт варіації	100%
Дисперсія	100,86
Стандартне відхилення	12,00
Перевірка нормальності	1,69

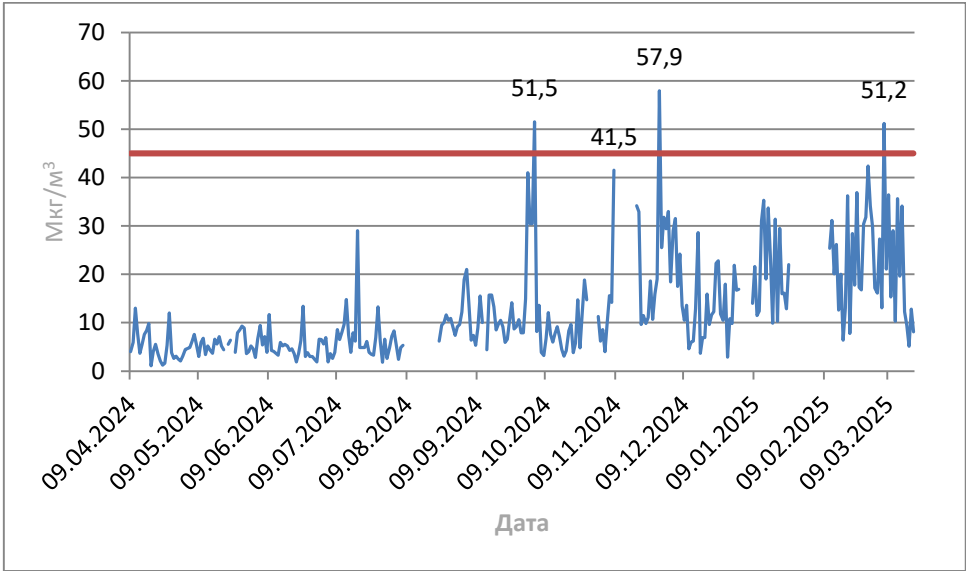


Рис. 4.8 - Концентрація РМ 10 у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкг/м³, [за автором]

Побудовано графік концентрації РМ 10 у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 60\%$ лежить у діапазоні 1,1–10 мкг/м³,

більше половини даних мають низьку або помірну концентрацію і не перевищують норму ГДК – 40 мкг/м³.

Незначні перевищення:

- 1. 04.10.2024 – 51,5 мкг/м³.
- 2. 08.11.2024 – 41,5 мкг/м³.
- 3. 28.11.2024 – 57,9 мкг/м³.
- 4. 07.03.2025 – 51, 2 мкг/м³.

Коефіцієнт варіації становить 100%, що свідчить про неоднорідну сукупність даних. Висока мінливість даних від 1,1–57,9 мкг/м³, амплітуда даних – 56, 8 мкг/м³. Причинами мінливості даних є військові дії, промислові викиди та погодні умови.

Міри розкиду – дисперсія 100,8 (мкг/м³)² та стандартне відхилення 12 мкг/м³. Розподіл даних не нормальний, коефіцієнт асиметрії даних 1,69 > 0 тобто екстремальні значення створюють правий хвіст, що виходить за межі основної маси даних.

Для наочного розуміння результати статистичного аналізу радіаційного фону надані у таблиці 4.9 та рисунку 4.9.

Таблиця 4.9.

Статистичний аналіз радіаційного фону у період з 09 04.2024–20.03.2025,
мкР/год, [за автором]

Радіаційний фон	
Середнє:	16,35
Медіана	16,22
Максимум	23,56
Мінімум	10,4
Коефіцієнт варіації	12%
Дисперсія	3,74
Стандартне відхилення	2,00
Перевірка нормальності	0,25

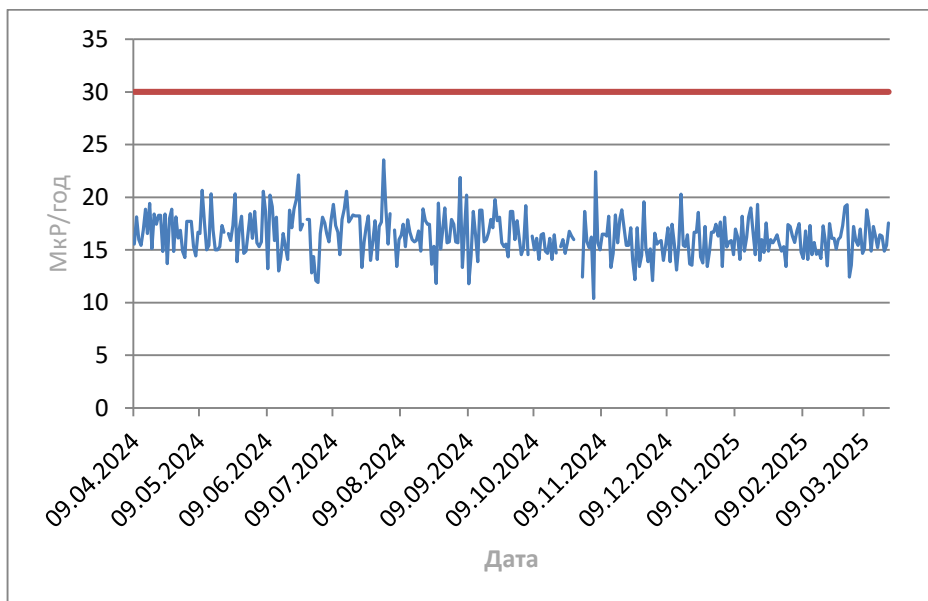


Рис. 4.9 - Концентрація радіаційного фону у період з 09.04.2024–20.03.2025, мкР/год [за автором]

Побудовано графік радіаційного фону у період з 09.04.2024–20.03.2025. Визначено, що основна маса даних $\approx 55\%$ лежить у діапазоні 14–18 мкР/м³, більше половини даних мають низьку або помірну концентрацію і не перевищують норму ГДК – 30 мкР/м³. Амплітуда даних становить 13,16 мкР/год.

Коефіцієнт варіації становить 12%, що свідчить про однорідну сукупність даних, та підтверджує відсутність аномалій.

Міри розкиду – дисперсія $3,74 \text{ (мкЗв/м}^3\text{)}^2$ та стандартне відхилення 2 мкР/м³. Розподіл даних є нормальним, коефіцієнт асиметрії даних $0,25 > 0$ близький до нормального.

ВИСНОВКИ

1. Було проаналізовано організацію та проведення державного моніторингу та індикативних вимірювань в галузі охорони атмосферного повітря в Україні, що ґрунтується насамперед на статті 50 Конституції України, яка гарантує право на безпечне для життя та здоров'я довкілля.

2. У ході статистичного аналізу даних для м. Харків було виявлено значні перевищення норм ВООЗ для концентрації $PM_{2.5}$ ($188,7 \text{ мкг/м}^3$), PM_{10} ($198,9 \text{ мкг/м}^3$) та незначні перевищення концентрації NO_2 ($25,47 - 32,55 \text{ мкг/м}^3$) у більшості досліджуваних днів, що вказує на вплив промисловості, військових дій та автотранспорту.

3. Радіаційний фон у м. Харків та м. Кропивницький залишався у межах норми протягом усього періоду дослідження. Середнє значення становить $11,03$ та $16,35 \text{ мкР/год.}$ відповідно, що свідчить про відсутність аномалій.

4. Середнє значення концентрації аміаку у м. Харків становить $1,24 \text{ мкг/м}^3$, що нижче ГДК $0,2 \text{ мг/м}^3$, проте максимальні значення $26,62 \text{ мкг/м}^3$ є значними і можуть свідчити про потенційний негативний вплив на якість атмосферного повітря.

5. Середнє значення концентрації CO становить $1,38 \text{ мг/м}^3$, що є нижче норми ВООЗ 4 мг/м^3 . Дисперсія $0,26 (\text{мг/м}^3)^2$ свідчить про низький ризик впливу на здоров'я населення.

6. Було виявлено значні перевищення концентрації $PM_{2.5}$ (87 мкг/м^3), та незначні PM_{10} ($57,9 \text{ мкг/м}^3$) у м. Кропивницький у більшості досліджуваних днів, що вказує на вплив промисловості та автотранспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про відходи : Закон України від 5.03.1998 року № 37/40-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187-98-п#Text> (дата звернення : 23.02.2025)
2. Про затвердження Порядку організації проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря : Постанова Кабінету Міністрів України від 09 березня 1999 р. №343 / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-п#Text> (дата звернення : 23.02.2025)
3. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод : Постанова Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996р. № 815 / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/815-96-п#Text> (дата звернення : 23.02.2025)
4. Про затвердження Положення про моніторинг земель : Постанова Кабінету Міністрів України від 20.серпня 1993 р. № 661 / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-п#Text>(дата звернення : 23.02.2025)
5. Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення : Наказ Мінагрополітики України від 26.02.2004 № 51. / Міністерство аграрної політики України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04#Text> (дата звернення : 23.02.2025).
6. Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря : Постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення: 25.02.2024).
7. Про охорону атмосферного повітря. Закон України від 1992 року № 50-ВВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> (дата звернення : 23.02.2025)
8. Про затвердження Порядку розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях : Наказ МВС

України від 21.04.2021 № 300 /Міністерство внутрішніх справ України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-21#Text> (дата звернення: 25.02.2024).

9. Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи : Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 21 травня 2008 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text (дата звернення: 25.02.2024).

10. Relating to the sulphur content of certain liquid fuels : Council. Directive 93/12/EEC of the European Parliament of 23 March 1993 URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31993L0012> (дата звернення : 25.02.2025)

11. Relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending : Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 1998. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1998/70/oj/eng> (дата звернення : 25.02.2025)

12. On the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations : Directive 94/63/EC of the European Parliament and of the Council of 20 December 1994. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1994/63/oj/eng> (дата звернення : 25.02.2025)

13. On the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending : Directive 2004/42/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2004/42/oj/eng> (дата звернення : 25.02.2025)

14. Relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air : Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32004L0107> (дата звернення : 25.02.2025)

15. On the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending : Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council

of 14 December 2016. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.344.01.0001.01.ENG. (дата звернення : 25.02.2025)

16. Конституція України : Закон від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. Ст.50. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text> (дата звернення : 03.03.2025)

17. Конституція України : Закон від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. Ст.13. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text> (дата звернення : 03.03.2025)

18. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. №41. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>. (дата звернення : 03.03.2025)

19. Про доступ до публічної інформації : Закон України від 13.01.2011 р. №32. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17#Text>. (дата звернення : 03.03.2025)

20. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 16.05.2025).

21. Про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля : Орхуська Конвенція від 06 липня 1999 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_015#Text. (дата звернення : 03.03.2025)

22. Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані : Конвенція Орг. Об'єдн. Націй від 13.11.1979 : станом на 30 листоп. 1999 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_223#Text (дата звернення: 16.05.2025).

23. Енциклопедія історії України В. Л. Маслійчук. Харків//: у 10 т. / редкол. : В. А. Смолій (голова) та ін. ;Інститут історії України НАН України. — К. :Наукова думка, 2013. — Т. 10: Т — Я. — С. 346. URL:

http://resource.history.org.ua/cgi-bin/eiu/history.exe?&I21DBN=EIU&P21DBN=EIU&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=eiu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=TRN=&S21COLORTERMS=0&S21STR=Kharkiv_mst (дата звернення : 25.04.2025)

24. Викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин за категоріями стаціонарних джерел забруднень у 2022. *Головне управління статистики у Харківській області*. 2022. URL: <https://kh.ukrstat.gov.ua/2022vykzakateg> (дата звернення : 25.04.2025)

25. Тичина О., Ільяшенко Т., Мирна Т. Аналіз стану викидів в атмосферу підприємствами Харкова. *Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика*: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – 283 с. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/14787/1/ТЕБ_24_11_16%20%20с.115-117.pdf#page=165 (дата звернення : 25.04.2025)

26. Коваленко Л. О., Гунько І. С. Визначення викидів забруднюючих речовин з урахуванням режимів руху транспортного. м. Харків. *Екологічні науки*. Вип. 1, т. 28. С. 206 – 207. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.32>

27. Харківська область - у топ-3 регіонів, де екологія найбільше постраждала від війни. *Status Quo*. URL: <https://www.sq.com.ua/ukr/novini/27.02.2024/xarkivska-oblast-u-top-3-regioniv-de-ekologiya-naibilse-postrazdala-vid-viini> (дата звернення : 27.04.2025)

28. Жахливі наслідки ракетного обстрілу «Епіцентру». *Державна екологічна інспекція у Харківській області*. URL: <https://www.khark.dei.gov.ua/post/zhakhlyvi-naslidki-raketnogo-obstrilu-epitsentru> (дата звернення : 27.04.2025)

29. Державний секретаріат Швейцарії з економічних питань розширює співпрацю з Харковом для активізації зусиль з підготовки до зими та відновлення. *Gwara Media*. URL: <https://www.eda.admin.ch/countries/ukraine/uk/home/aktuell/news.html/content>

t/countries/ukraine/uk/meta/news/2024/SECO-is-enhancing-cooperation-with-Kharkiv-to-ramp-up-winterization-and-rehabilitation-efforts (дата звернення : 27.04.2025)

30. Про місто Кропивницький. *Кропивницька міська рада*. URL:<https://www.kr-rada.gov.ua> (дата звернення : 27.04.2025)

31. Викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин за категоріями стаціонарних джерел забруднення у 2022 році. *Головне управління статистики у Кіровоградській області*. 2022. URL:https://www.kr.ukrstat.gov.ua/?r=stat/2023/05/ns/stat_inf_oper_ns6 (дата звернення : 27.04.2025)

32. Перелік продовольчих та непродовольчих товарів, що пропонуються промисловими підприємствами облікового кола м. Кропивницького. *Кропивницька міська рада*. URL:https://kr-rada.gov.ua/site/uploads/files/perelik_puo_.pdf (дата звернення : 27.04.2025)

33. Сільське господарство. *Кіровоградська регіональна торгово-промислова палата*. URL:<https://www.chamber.kr.ua/chleni-tpp/85-silske-hospodarstvo.html> (дата звернення : 27.04.2025)

34. Карта моніторингу якості повітря. *Eco-city*. URL: <https://eco-city.org.ua> (дата звернення : 09.04.2024)

35. Обухов.Д. EcoCity – мережа громадського моніторингу якості повітря за допомогою пристроїв на Arduino. 2019. URL:<https://dou.ua/lenta/articles/dou-projector-ecocity/> (дата звернення : 09.04.2024)