

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИМ ПИЛОМ (НА ПРИКЛАДІ ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РАЙОНУ м. ХАРКІВ)

Виконала: студентка 4 курсу, групи ДЕ-41
спеціальності : 101 «Екологія»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор _____ / Анна ГОНЧАРОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / доц. Катерина УТКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / проф. Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / ст.лаб.Тетяна ВАУЛІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / ст.лаб.Раїса САВІЦЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2021 рік

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

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____/проф. Алла НЕКОС
підпис ім'я та прізвище

“14” травня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Анні ГОНЧАРОВІЙ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Оцінка стану забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсним пилом (на прикладі Шевченківського району м. Харків)

керівник роботи Катерина УТКІНА, кандидат географічних наук, доцент,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “15” березня 2021 року №0210-05/467

2. Строк подання студентом роботи 27 квітня 2021 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Провести аналіз літературних джерел щодо стану дослідження проблеми;
2. Визначення стану вивчення проблеми щодо забруднення повітря міста Харкова;
3. Визначення основних забруднювачів Шевченківського району м. Харків;
4. Проведення вимірювань кількості $PM_{2,5}$ та PM_{10} ;
5. Аналіз отриманих даних;
6. Надання рекомендацій щодо поліпшення екологічної ситуації у місті Харків;

7. Зробити висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд літературних джерел
2	Визначення забруднювачів
3	Проведення дослідження
4	Аналіз результатів дослідження

5. Дата видачі завдання 14 травня 2020 р.

Студент

підпис

Анна ГОНЧАРОВА
ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

доц. Катерина УТКІНА
посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
ДРІБНОДИСПЕРСНИМ ПИЛОМ
(НА ПРИКЛАДІ ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РАЙОНУ М. ХАРКІВ)

Анна ГОНЧАРОВА

Кваліфікаційна робота «Оцінка стану забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсним пилом (на прикладі Шевченківського району м. Харків)» містить 36 сторінок, 3 розділи, 20 рисунків, 5 таблиці, 21 літературних джерела.

Мета роботи: визначення стану забруднення повітря міста Харкова дрібнодисперсним пилом.

Актуальність теми. Важливість обраної теми полягає в тому, що забруднення повітря стало серйозною екологічною проблемою в містах світу, зважені аерозольні частинки (PM) вважаються одним з найважливіших параметрів якості повітря, їх вміст у повітрі значним чином впливає на здоров'я людини.

Завдання дослідження передбачали:

1. Аналіз стану вивчення проблеми;
2. Визначення основних забруднювачів Шевченківського району;
3. Проведення вимірювань кількості $PM_{2,5}$ та PM_{10} ;
4. Розробка рекомендацій щодо покращення ситуації.

Методи. Вимірювання кількості дрібнодисперсного пилу проводилось за допомогою мобільного приладу, далі данні вимірювань було аналітично оброблено.

Результати. У роботі наведені результати вимірювання дрібнодисперсного пилу $PM_{2,5}$ та PM_{10} в Шевченківському районі міста Харків. Спостереження було проведено в трьох точках із різним ступнем навантаження, які знаходяться в Шевченківському районі м. Харкова. Авторами було досліджено залежність кількості дрібнодисперсного пилу в приземному шарі атмосферного повітря від відносної вологості повітря.

ВИКИДИ, ПОВІТРЯ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, $PM_{2,5}$ ТА PM_{10} ,
ДРІБНОДИСПЕРСНИЙ ПИЛ, АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ,
ПІДПРИЄМСТВА, БЕЗПЕКА

ANNOTATION

ASSESSMENT OF THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION BY FINE DUST (ON THE EXAMPLE OF SHEVCHENKIVSKY DISTRICT OF KHARKIV)

Anna HONCHAROVA

Qualification work "Assessment of air pollution by fine dust (on the example of Shevchenkivsky district of Kharkiv)" contains 36 pages, 3 sections, 20 figures, 5 tables, 21 references.

Purpose: to determine the state of air pollution in the city of Kharkiv by fine dust.

Actuality of theme. The importance of the chosen topic is that air pollution has become a serious environmental problem in cities around the world, suspended aerosol particles (PM) are considered one of the most important parameters of air quality, their content in the air significantly affects human health.

The objectives of the study included:

1. Analysis of the state of study of the problem;
2. Determination of the main pollutants of Shevchenkivskyi district;
3. Carrying out measurements of the amount of PM_{2.5} and PM₁₀;
4. Development of recommendations to improve the situation.

Methods. The measurement of the amount of fine dust was carried out using a mobile device, then the measurement data were analytically processed.

Results. The paper presents the results of measuring fine dust PM_{2.5} and PM₁₀ in the Shevchenkivskyi district of Kharkiv. The observation was carried out at three points with different degrees of load, which are located in the Shevchenkivskyi district of Kharkiv. The authors investigated the dependence of the amount of fine dust in the surface layer of atmospheric air on the relative humidity.

EMISSIONS, AIR, POLLUTANTS, PM_{2.5} AND PM₁₀, FINE DUST, ROAD TRANSPORT, ENTERPRISES, SAFETY

АННОТАЦИЯ

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛЬЮ (НА ПРИМЕРЕ ШЕВЧЕНКОВСКОГО РАЙОНА Г.ХАРЬКОВ)

Анна ГОНЧАРОВА

Квалификационная работа «Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсным пылью (на примере Шевченковского района г. Харьков)» содержит 36 страниц, 3 главы, 20 рисунков, 5 таблицы, 21 литературных источника.

Цель работы: определение состояния загрязнения воздуха города Харькова мелкодисперсным пылью.

Актуальность темы. Важность выбранной темы состоит в том, что загрязнение воздуха стало серьезной экологической проблемой в городах мира, взвешенные аэрозольные частицы (PM) считаются одним из важнейших параметров качества воздуха, их содержание в воздухе значительным образом влияет на здоровье человека.

Задачи исследования предусматривали:

1. Анализ состояния изучения проблемы;
2. Определение основных загрязнителей Шевченковского района;
3. Проведение измерений количества $PM_{2,5}$ и PM_{10} ;
4. Разработка рекомендаций по улучшению ситуации.

Методы. Измерение количества мелкодисперсной пыли вело себя с помощью мобильного устройства, далее данные измерений было аналитически обработано.

Результаты. В работе приведены результаты измерения длибнодисперсного пыли $PM_{2,5}$ и PM_{10} в Шевченковском районе города Харькова. Наблюдение было проведено в трех точках с различным ступни нагрузки, которые находятся в Шевченковском районе г. Харьков. Авторами были исследованы зависимость количества

мелкодисперсной пыли в приземном слое атмосферного воздуха от относительной влажности воздуха.

ВЫБРОСЫ, ВОЗДУХ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, $PM_{2,5}$ И PM_{10} ,
МЕЛКОДИСПЕРСНАЯ ПЫЛЬ, АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ,
ПРЕДПРИЯТИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	11
1.1. Стан атмосферного повітря м. Харків.....	11
1.2. Загальна характеристика зважених частинок.....	14
1.3. Вплив РМ на здоров'я населення.....	17
РОЗДІЛ 2 МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
2.1. Процедура вимірювання та опис використаного приладу.....	20
2.2. Умови проведення дослідження.....	21
2.3. Підходи до нормування запилення.....	22
РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	24
3.1. Результати вимірювання кількості дрібнодисперсного пилу у повітрі.....	24
3.2. Визначення залежності кількості РМ від вологості повітря.....	28
3.3. Рекомендації.....	33
ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКРОИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Сучасні тенденції розвитку людства направлені на збільшення кількості жителів в містах, тому на сьогоднішній день постає питання екологічної безпеки міст. Якість повітряного середовища є ваговою складовою цієї безпеки, оскільки атмосферне повітря є одним з компонентів оточуючого середовища без якого неможливе існування живих організмів. Цей компонент середовища має вагомий вплив на життя та здоров'я населення, тому надзвичайно важливим є його якість.

В даний час забрудненість повітря великих міст є високою через збільшення кількості транспорту та роботу багатьох підприємств. Це є актуальною проблемою і для міста Харкова також. Одним з розповсюджених забруднювачів є дрібнодисперсний пил фракцій PM_{10} (Particulate Matter) та $PM_{2,5}$ наявність якого в повітрі ми і досліджували. Це важливий фактор що впливає на здоров'я населення, і тому він потребує детального спотереження та дослідження.

Мета дослідження – визначення стану забруднення повітря міста Харкова дрібнодисперсним пилом. Для досягнення мети було виконано наступні **завдання**:

1. Визначення стану вивчення проблеми щодо забруднення повітря міста Харкова;
2. Визначення основних забруднювачів Шевченківського району м. Харків;
3. Проведення вимірювань кількості $PM_{2,5}$ та PM_{10} ;
4. Надання рекомендацій щодо поліпшення екологічної ситуації у місті Харків.

Об'єкт дослідження – повітря Шевченківського району м. Харків.

Предмет дослідження – кількість дрібнодисперсного пилу $PM_{2,5}$ та PM_{10} .

Методи дослідження – емпіричні, теоретичні та методи обробки даних.

Для проведення дослідження було обрано Шевченківський адміністративний район міста Харків та виконано огляд літератури та

вимірювання кількості дрібнодисперсного пилу в повітрі. Спостереження було проведено в трьох точках. Точка №1 знаходиться в місці скупчення житлових будинків по вулиці Отакара Яроша. Точка №2 знаходиться в центрі міста, де проходять транспортні маршрути міста. Точка №3 знаходиться в Саду Шевченка, який є місцем відпочинку більшості жителів міста. Вибір місць проведення вимірів було обумовлено знаходженням в цих місцях великої кількості людей кожного дня які. Щоденні виміри проводились в період з квітня по липень та з жовтня по грудень у 2019 році.

Робота написана за матеріалами наукової та науково-популярної літератури, довідкових та картографічних джерел, Google Maps та особистих досліджень авторів.

РОЗДІЛІ

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Стан атмосферного повітря м. Харків

Стан атмосферного повітря м. Харків формується обсягами викидів забруднюючих речовин від пересувних та стаціонарних джерел забруднення. До стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря слід віднести викиди крупних промислових підприємств, особливо, паливно-енергетичного комплексу, машинобудівних, коксового та хімічного виробництв. Основними чинниками інтенсивного забруднення атмосфери автотранспортом є:

- постійно зростаюча кількість автотранспорту;
- експлуатація технічно застарілого автомобільного парку;
- низька якість паливно-мастильних матеріалів;
- недостатня пропускна спроможність дорожньо-транспортної мережі, яка сформувалась в умовах існуючої забудови, особливо в центральній частині міста;
- незадовільний стан дорожнього покриття проїзної частини доріг.

За даними Головного управління статистики у Харківській області, викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у 2019 році склали 106,5 тис.тонн (у 2018 – 44,7 тис.тонн, у 2017 році – 45,0 тис.тонн). Переважна частина викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря надійшла від процесів спалювання в енергетиці (63,8 % від загального обсягу викидів), добувної промисловості і розроблення кар'єрів (24,8 %) та переробної промисловості (4,9 %). Із загальної кількості викидів забруднюючих речовин найбільшу частину складають діоксид та інші сполуки сірки (38,92 % від загального обсягу викидів), речовини у вигляді твердих суспендованих частинок (21,31 %), метану (13,87 %) та оксиду вуглецю (13,1 %). Крім того, від стаціонарних джерел забруднення в атмосферу надійшло 7600 тис.тонн діоксиду вуглецю [1].

Таблиця 1.1

Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Харківської області за 2019 рік та два попередніх[1]

Показники	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Викиди забруднюючих речовин та парникових газів (крім діоксид у вуглецю) від стаціонарних джерел, тис. тонн	45.0	44.5	106.5
Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на км ² , тонн	1.4	1.4	3.4
Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на одну особу, кг	16.7	16.7	39.9

Значна кількість розташованих у м. Харків та області комерційних та приватних структур, а також збільшення числа транспортних засобів, що експлуатуються тривалий час, призводять до значного забруднення атмосферного повітря. Внаслідок цього, в окремих районах міста спостерігаються підвищені концентрації речовин забруднюючих атмосферне повітря, про що свідчать дані щорічних спостережень за забрудненням повітряного басейну, що проводяться Харківським регіональним центром з гідрометеорології. Забруднення атмосфери викидами автотранспорту посідає друге місце після енергетики за рахунок постійного збільшення кількості автотранспорту. Загальні викиди токсичних речовин залежать від потужності і типу двигуна, режиму його роботи, технічного стану автомобіля, швидкості руху, стану дороги, якості палива. Пересування міського транспорту (трамвай, тролейбус) супроводжується підвищенням рівнів вторинного здимання пилу. Високі рівні забруднення атмосферного повітря Харкова за рахунок пересувних джерел пояснюється, головним чином, експлуатацією технічно застарілого автомобільного парку, аварійним станом доріг, невідпрацьованими режимами швидкості дорожнього руху, особливо в центрі міста [1].

Згідно з аналітичною довідкою щодо екологічного стану м. Харкова за листопад-грудень 2019 року (одні з місяців в які проводилось дослідження) максимальні концентрації не перевищували гранично допустимі нормативи.

Середньомісячні концентрації були на рівні або перевищували відповідні середньодобові гранично допустимі концентрації в 1,2 рази. Індекс забруднення атмосферного повітря в цілому по місту по всіх інгредієнтах становив – 3,19 в грудні, а в листопаді 3,48 [2].

Таблиця 1.2

Вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста Харків[3]

Назва домішки	Нормативи якості атмосферного повітря, мг/м ³ ГДК		Середньорічна концентрація в мг/м	Максимальна разова концентрація мг/м ³
	м.р.	с.д.		
Пил	0,09	0,15	0,5	1,05
діоксид сірки	0,007	0,05	0,5	0,078
сульфати	0,00	-	-	0,01
оксид вуглецю	1,7	3,0	5,0	8,3
діоксид азоту	0,03	0,04	0,2	0,14
оксид азоту	0,02	0,06	0,4	0,06
сірководень	0,001	-	0,008	0,003
Фенол	0,002	0,003	0,01	0,009
Сажа	0,03	0,05	0,015	0,3
Аміак	0,00	0,04	0,2	0,02
формальдегід	0,002	0,003	0,035	0,017

Аналізуючи, в цілому, стан атмосферного повітря міста у 2019 році відмічалось незначне зменшення вмісту оксиду вуглецю, середньорічна концентрація 1,74 мг/м³ (в 2018 році – 2,8 мг/м³); нікелю – 0,02 мкг/м³ (в 2018 році – 0,03 мкг/м³). У 2019 році спостерігалось несуттєве збільшення вмісту пилу, середньорічна концентрація 0,09 мг/м³ (в 2018 році – 0,08 мг/м³); діоксиду азоту – 0,03 мг/м³ (в 2018 році – 0,02 мг/м³); фенолу, середньорічна концентрація у 2019 році склала 0,002 мг/м³ (в 2018 році – 0,001 мг/м³); заліза – 0,76 мкг/м³ (в 2018 році – 0,74 мкг/м³); міді – 0,05 мкг/м³ (в 2018 році – 0,04 мкг/м³). На рівні 2018 року вміст діоксиду сірки, сульфатів, оксиду азоту, сірководню, сажі, формальдегіду, кадмію, марганцю, цинку, свинцю, хрому. В 2019 році зменшився відсоток проб з концентраціями, перевищуючими відповідні гранично допустимі норми по оксиду вуглецю – з 5,90 % до 1,30 %, по пилу – з 1,90 % до 1,10 %, по сажі – з 3,20 % до 1,80 %. Максимальні концентрації перевищували відповідні

гранично допустимі максимально разові норми по пилю в 2,1 рази, оксиду вуглецю в 2,4 рази, сажі в 2,0 рази. Індекс забруднення атмосфери міста (ІЗА) в 2019 році дорівнював 4,16, в 2018 році – 4,09 [1].

Аналізуючи захворюваність населення з 2000 року бачимо що у період з 2000 по 2017 р.р. найбільшу частину захворювань у населення Харківської області складають хвороби органів дихання, що може бути наслідком забрудненого повітря [4].

1.2. Загальна характеристика зважених частинок

Твердими часточками РМ (від англ. Particular Matter) (далі – РМ) позначають ті тверді частки та краплі рідини, які перебувають в зваженому стані у повітрі. Частки РМ можуть складатись з низки компонентів, зокрема кислот, органічних хімічних сполук, металів, ґрунту, пилю і тощо. Розмір часточки визначає проникну здатність. Тому їх прийнято розділяти на 2 групи. Перша група це “Трубні вдихувані часточки” – РМ, що мають розмір менше 10 мкм, проте більше 2.5 мкм. Їх прийнято позначати PM_{10} , PM_{Coarse} . Другу групу називають “Дрібні часточки” – РМ, що мають розмір менше 2,5 мкм. Для них використовують позначення $PM_{2.5}$ (рис.1.1) [5].

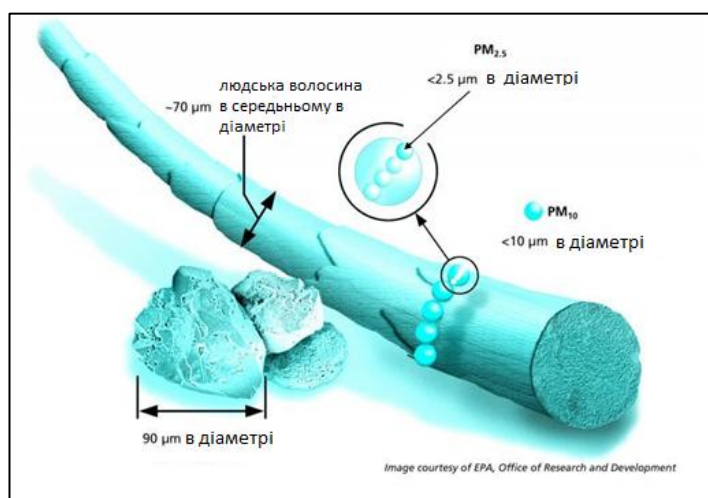


Рис. 1.1 – Зображення розмірів частинок відносно розмірів волосини [6]

Отже РМ – це суміш з фізичними та хімічними характеристиками, що залежать від місця розташування. Поширені хімічні складові РМ включають сульфати, нітрати, амоній, інші неорганічні іони, такі як іони натрію, калію, кальцію, магнію та хлориду, вуглець, воду, метали (включаючи кадмій, мідь, нікель, ванадій та цинку) та поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ).

Ці частинки присутні і в лісі, і на морі, але саме в місті становлять найбільшу небезпеку. Зазвичай їх в місті набагато більше та хімічний склад дрібнодисперсного аерозолу в місті небезпечніше, ніж на природі. Існує дві класифікації РМ за походженням та типом джерела. За походженням ділять на:

- Первинні РМ – вони викидаються в повітря вже готовими. Це найдрібніші шматочки сажі, асфальту і автомобільних покриттів, частинки мінеральних солей (сульфати, нітрати), сполуки важких металів (в основному оксиди). Біологічні забруднювачі (деякі алергени і мікроорганізми);
- Вторинні РМ – утворюються безпосередньо в атмосфері. Один із прикладів: в міське повітря викидаються оксиди азоту та сірки, при контакті з водою вони утворюють кислоти, а вже з них виходять тверді частинки солей (нітрати і сульфати) [7].

За типом джерела частки РМ діляться на:

- Штучні (антропогенні) – головним антропогенним джерелом частинок є транспорт. Двигуни внутрішнього згоряння і промислові процеси зі спалюванням твердих видів палива (вугілля, буре вугілля, нафта), будівництво, видобуток корисних копалин, багато видів виробництва (особливо виробництво цементу, кераміки, цегли, плавильне виробництво), в містах джерелом може бути ерозія дорожнього покриття і стирання гальмівних колодок і шин збільшують кількість РМ в повітрі(рис1.2);



Рис. 1.2 – Зображення антропогенних джерел утворення РМ [8]

- Природні (неантропогенного походження) – джерелом може бути ерозія ґрунту в посушливих районах і органічні випаровування [7].

Тонкі частинки містять вторинно утворені аерозолі (перетворення газу в частинки), частинки горіння (переважно з твердого та рідкого палива) та пари органіки і металів. Фракція $PM_{2.5}$ містить більшу частину кислотності (іон водню) та мутагенна активність, тоді як забруднювачі такі, як бактеріальні токсини, здається, найбільш поширені у грубій фракції PM_{10} . Найважливіша хімічна речовина види, що сприяють дрібній масі РМ, як правило вторинні неорганічні іони (нітрати, сульфати та аміак), вуглецевий матеріал (як органічний, так і елементарний вуглець), вода, речовини кори та важкі метали [9].

Високі концентрації $PM_{2.5}$ часто пов'язані з їх перенесенням повітрям як наприклад до Великобританії з континентальної Європи. Є дані, що епізоди

PM_{10} пов'язані з повітрям, що надходить з континентальної Європи, особливо в періодпругинні, складаються з дрібних частинок ($PM_{2.5}$), а не з грубих частинок (PM_{10}), при цьому особливо важливу роль відіграє нітрат. Цей нітрат значною мірою пов'язаний з амонієм, отриманим в результаті викидів аміаку [10].

1.3. Вплив РМ на здоров'я населення

На невеликі дози РМ немає миттєвої реакції, але вони накопичуються в організмі і з часом можуть призвести до серйозних проблем. Частинки РМ настільки дрібні, що проходять крізь біологічні бар'єри в нашому організмі: носова порожнина, верхні дихальні шляхи, бронхи (рис.1.3).

Дослідники простежили вплив $PM_{2.5}$ на організм людини і виявили шість основних механізмів шкідливого впливу частинок:

1. Порушення легеневих рецепторів: почастищення дихання, серцева аритмія;
2. Руйнування клітин легеневого епітелію;
3. Розвиток запальної відповіді;
4. Збільшення згортання крові;
5. Дестабілізація атеросклеротичних бляшок;
6. Потовщення стінок судин.

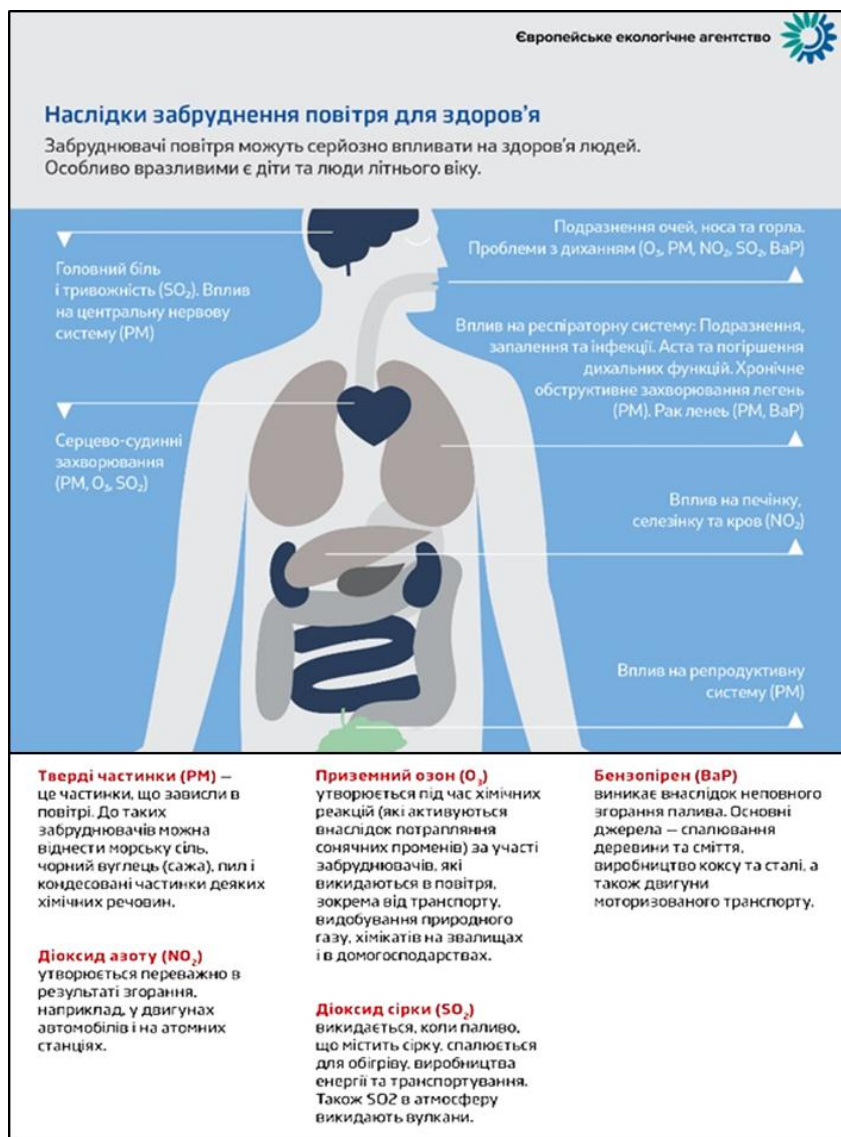


Рис. 1.3 – Можливі місця потрапляння забруднюючих повітря речовин та їх вплив на здоров'я людини [11]

Є хороші докази впливу короточасного впливу PM₁₀ на здоров'я органів дихання, але більше наслідків для організму людини припадає саме на тривалий вплив саме через PM_{2,5}. Тривалий вплив PM_{2,5} збільшує ризик порушення серцево-легеневої діяльності та смерті на 6-13 % [7].

Що стосується смертності (і особливо в результаті довготривалої експозиції), більш значущим фактором ризику є PM_{2,5}. Якби довгострокову концентрацію PM_{2,5} вдалося знизити до річного рівня, зазначеного в рекомендаціях ВОЗ, середня очікувана тривалість життя в містах з найвищим рівнем забруднення могла б збільшитися приблизно на 20 місяців. За наявними

оцінками, при збільшенні концентрації PM_{10} на 10 мкг/м^3 добова смертність від усіх причин зростає на $0,2-0,6 \%$ [12].

Результати епідеміологічних досліджень з оцінки впливу зважених часток на загальну смертність населення, і проведені в різних країнах світу, дозволили визначити показники додаткової загальної (без зовнішніх причин) смертності при впливі PM_{10} і $PM_{2.5}$. Вплив PM на показники смертності спостерігається в містах, що розрізняються по клімато-географічних умов, національним складом, способами життя населення. Згодом на підставі аналізу результатів 58 досліджень в Китаї і на Тайвані встановлені значення ризиків від впливу PM окремо для серцево-судинних захворювань і захворювань органів дихання. Ризики виникнення додаткових випадків смерті від серцево-судинних захворювань при впливі $PM_{2.5}$ приблизно в 2 рази вище, ніж від більш великих часток PM_{10} , і вони більш значні для захворювань органів дихання [13].

Особливо вразливими є люди з наявними захворюваннями легенів або серця, а також літні люди та діти. Наприклад, вдихання PM впливає на розвиток легенів у дітей, включаючи появу хронічного обструктивного захворювання легень (ХОЗЛ) а також бронхолегеневої дисплазії [7].

Також $PM_{2.5}$ впливають не тільки на рецептори в стінках дихальних шляхів, а й на самі клітини легеневого епітелію. І цей вплив особливо небезпечно в районі альвеол – легневих пухирців, обплутаних мережею капілярів [14].

Немає доказів безпечного рівня впливу на організм або порогу, нижчий за якого не виникає несприятливих наслідків для здоров'я. В даний час недостатньо доказів для виявлення відмінностей у впливі частинок з різним хімічним складом або впливі частинок які утворились з різних джерел. Підраховано, що приблизно 3% смертей від серцево-легневих хвороб та 5% смертей від раку легенів у всьому світі пов'язані саме з наявністю в повітрі PM . У Європейському регіоні ця частка становить $1-3 \%$ та $2-5 \%$, відповідно. Результати, отримані в результаті останнього дослідження, свідчать що тягар захворювань, пов'язаних із забрудненням навколишнього повітря, може бути ще більшим [7].

РОЗДІЛ 2 МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Процедура вимірювання та опис використаного приладу

Вимірювання проводилось мобільним приладом «NovaSDL307 LaserPm2.5 Monitor» (рис.2.1.). Працює цей прилад за принципом лазерного детектування: спеціальний лазерний модуль генерує специфічний лазерний промінь.



Рис. 2.1 – Прилад, що використовувався для вимірювань

Цей лазерний пучок спеціально спрямований так, щоб детектувати частинки, які проходять через вхідний отвір приладу. Тобто за принципом лазерного розсіювання світла. (рис.2.2) Коли частинки проходять повз, його сигнал буде виявлений модулем цифрової мікросхеми надвисокої чутливості.



Рис. 2.2 – Механізм роботи приладу [15]

Далі прилад виконує інтелектуальну ідентифікацію та аналіз для отримання кількості частинок і розміру частинок, відповідно до професійної технології калібрування для отримання розподілу розміру частинок і формули конверсії масової концентрації, і об'єднання масової концентрації з офіційною одиницею.

2.2. Умови проведення дослідження

Шевченківський район – один із 9 районів міста Харкова, розташований у північній його частині. Під житловими мікрорайонами та кварталами знаходиться 22 % площі району, населення – 15 % від загальної чисельності населення міста. Площа району становить 62 кв. км, чисельність населення – 229,2 тис. чоловік (рис.2.3) [16].

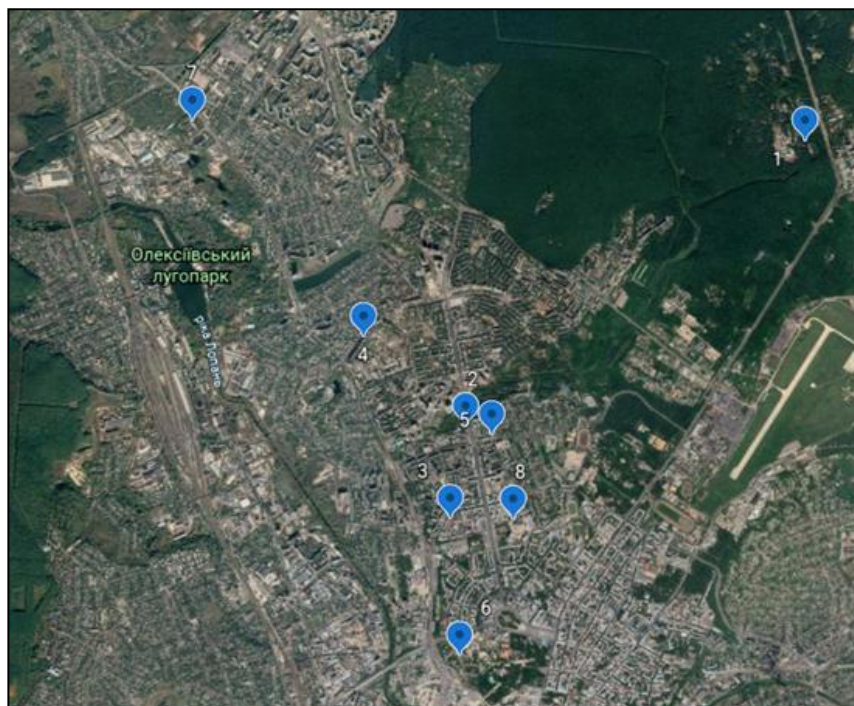


Рис. 2.3 – Основні джерела забруднення Шевченківського району м. Харків

В Шевченківському районі міста Харкова підприємств, діяльність яких призводить до збільшення кількості РМ в повітрі вісім: ПАТ «Фармстандарт-Біолік», ДП «Завод хімічних реактивів НТК «Інститут монокристалів», ТДВ «Житлобуд-2», ТОВ «ХАДО», ТОВ «Тандем-імпекс», ПрАТ «Авіаконтроль», Харківське державне дослідне протезне підприємство, ПАТ «Точприлад» (рис.2.3) [17].

Данні щодо відносної вологості повітря були взяті з архіву погоди. Далі отримані данні було проаналізовано та визначено залежність між віджсною вологістю та кількістю дрібнодисперсного пилу в повітрі[18].

2.3. Підходи до нормування запилення повітря

У США та країнах Європейського Союзу існує фракційне нормування пилуна PM_{10} , $PM_{2,5}$, та PM_1 . Воно визначене завдяки багатьом дослідженням впливу на здоров'я пилу різного розміру. Гранично допустимі рівні в країнах ЄС визначено директивою Європейського парламенту про якість атмосферного

повітря. Згідно цієї директиви було визначено що на рік $PM_{2.5}$ не має перевищувати 12 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$, а PM_{10} на рік не має перевищувати 20 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$, за 24 години PM_{10} має бути не більше 25 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ (не повинні бути перевищені більше ніж в 35 разів у будь-який календарний рік) [19].

Найжорсткішими встановленими нормативами є гігієнічні нормативи, запропоновані ВООЗ. Для $PM_{2.5}$ встановлені середньодобова $ГДК_{с.д} = 5 \mu\text{кг}/\text{м}^3$ та середньорічна $ГДК_{с.р} = 10 \mu\text{кг}/\text{м}^3$ гранично допустимі концентрації. Для PM_{10} це середньодобова $ГДК_{с.д} = 50 \mu\text{кг}/\text{м}^3$ та середньорічна $ГДК_{с.р} = 20 \mu\text{кг}/\text{м}^3$ [20].

ЕРА- Агенство з охорони оточуючого середовища Америки також встановило стандарт $PM_{2.5}$ та стандарт PM_{10} . Для $PM_{2.5}$ встановлені середньодобова $ГДК_{с.д} = 35 \mu\text{кг}/\text{м}^3$ та середньорічна $ГДК_{с.р} = 15 \mu\text{кг}/\text{м}^3$ гранично допустимі концентрації. Для PM_{10} це середньодобова $ГДК_{с.д} = 150 \mu\text{кг}/\text{м}^3$ [6].

В Україні встановлені гігієнічні норми лише щодо загального вмісту завислих речовин у повітрі. До них відносять сукупність завислих частинок розміром до 500 $\mu\text{м}$ без розподілу на фракції [21].

РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

3.1. Результати вимірювань кількості дрібнодисперсного пилу у повітрі

Для проведення дослідження нами було обрано три точки, які розташовані в різних частинах Шевченківського району (рис 3.1.).

Вимірювання проводились у 2019 році в період з квітня по липень та з жовтня по грудень.

Показники що досліджувались: $PM_{2.5}$, PM_{10} та вологість повітря

Кількість вимірювань – 935

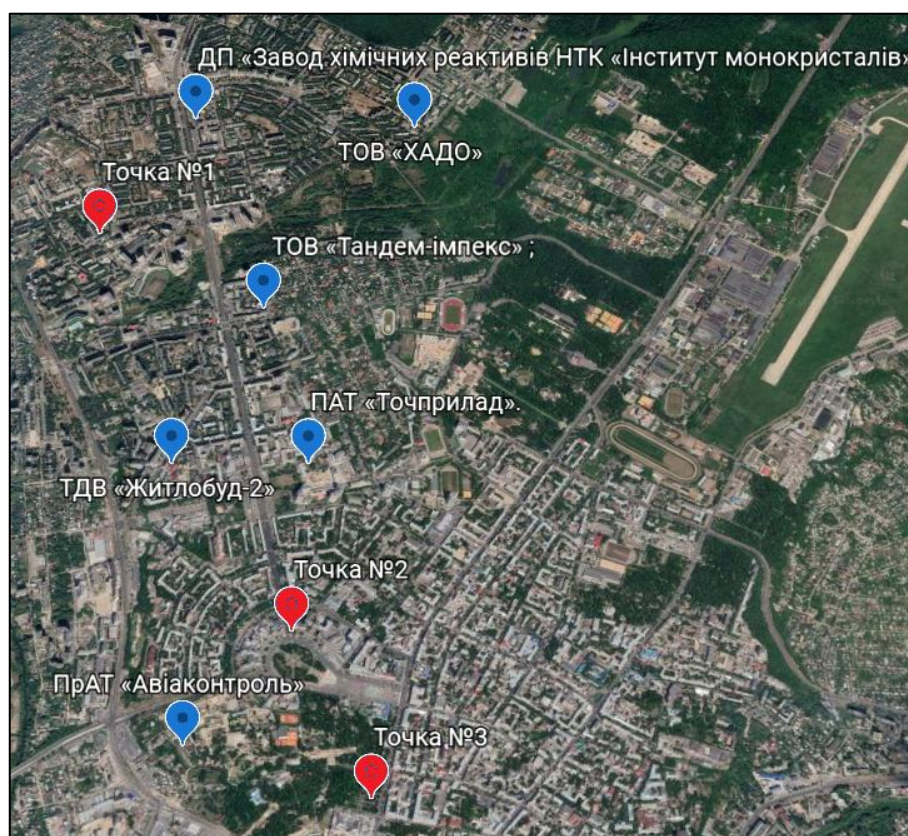


Рис. 3.1 – Місця проведення дослідження

Для даного дослідження було обрано три точки що знаходяться на території Шевченківського району м Харків з різним характером антропогенного навантаження. Точка №1 знаходиться в житловому масиві по вулиці Отакара Яроша. Точка №2 знаходиться в центрі міста, де проходять

основні транспортні маршрути міста. Точка №3 знаходиться в Саду Шевченка, який є місцем відпочинку більшості жителів міста.

Таблиця 3.1

Середньомісячні значення вимірювань на вул. Отакара Яроша

Місяць	PM _{2,5}	PM ₁₀	Співвідношення між PM _{2,5} та PM ₁₀
квітень	37,4	55,3	0,6
травень	32,4	45,8	0,7
червень	57,2	69,5	0,8
липень	45,8	56,2	0,8
жовтень	56,9	82,02	0,6
листопад	64,01	94,9	0,6
грудень	63,9	87,1	0,7

Таблиця 3.2

Середньомісячні значення вимірювань в центрі міста, де проходять основні транспортні маршрути міста

Місяць	PM _{2,5}	PM ₁₀	Співвідношення між PM _{2,5} та PM ₁₀
квітень	30,09	50,2	0,5
травень	36,5	47,6	0,7
червень	54,8	64,5	0,8
липень	51,03	61,8	0,8
жовтень	52,7	84,3	0,6
листопад	57,2	83,8	0,6
грудень	69,1	91,6	0,7

Таблиця 3.3

Середньомісячні значення вимірювань в Саду Шевченка

Місяць	PM _{2,5}	PM ₁₀	Співвідношення між PM _{2,5} та PM ₁₀
квітень	53,6	92,3	0,5
травень	61,9	73,9	0,8
червень	72,6	86,8	0,8
липень	74,5	87,7	0,8
жовтень	56,7	85,5	0,6
листопад	68,8	92,5	0,7
грудень	62,4	88,4	0,7

Співвідношення між $PM_{2.5}$ та PM_{10} становить від 0,5 до 0,8 і це дає розуміння в скільки зазвичай кількість PM_{10} перевищує кількість $PM_{2.5}$.

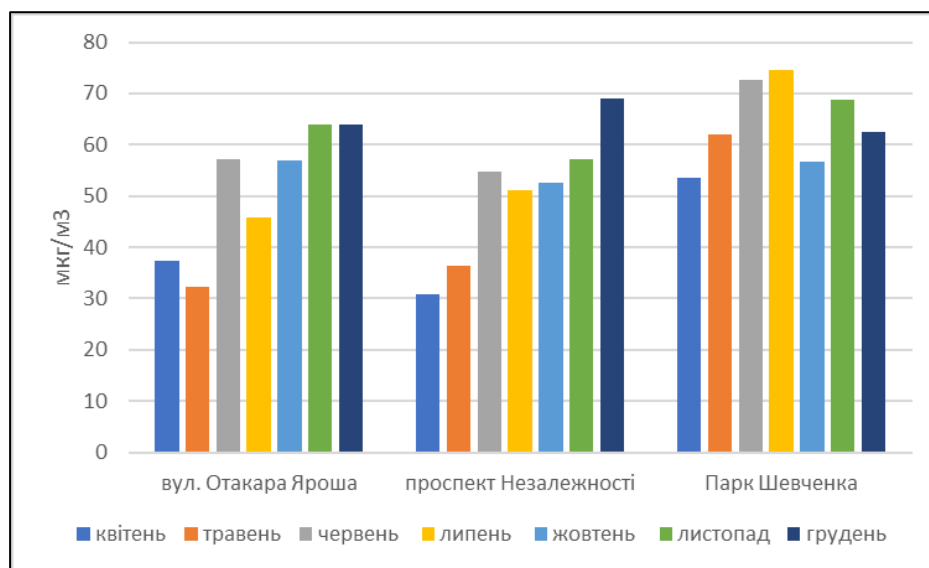


Рис. 3.2 – Середні місячні концентрації $PM_{2.5}$ у повітрі в місцях дослідження

Найменшу середньомісячну концентрацію було зафіксовано в точці 2–30,9 мкг/м³ що може бути пов'язано з тим що дана місцевість є відкритою, найбільшу ж в точці 3- 74.5 мкг/м³.(рис.3.2)

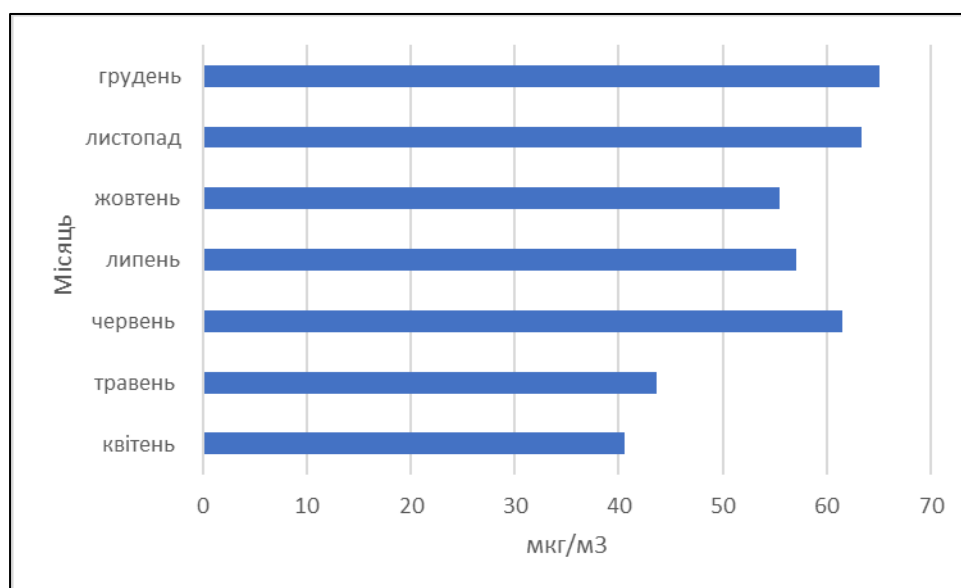


Рис. 3.3 – Узагальнені середні значення концентрацій $PM_{2.5}$ для місць спостереження

Часова варіація розрахованих середніх значень масових концентрацій $PM_{2.5}$ свідчить про зростання концентрації пилу в повітрі з листопаду по грудень. Саме на грудень припало найбільше середнє значення – 65.1 мкг/м³. Найменші середні значення припадають на весняні місяці, що можливо пов'язане з більшою кількістю опадів в ці місяці. 40.6 мкг/м³ в квітні та 43.6 в травні. Данні вимірювань перевищують допустимі значення $PM_{2.5}$ визначені ВООЗ. В грудні було зафіксовано найбільшу концентрацію, що перевищила визначене ГДК на 38 %.(рис.3.3).

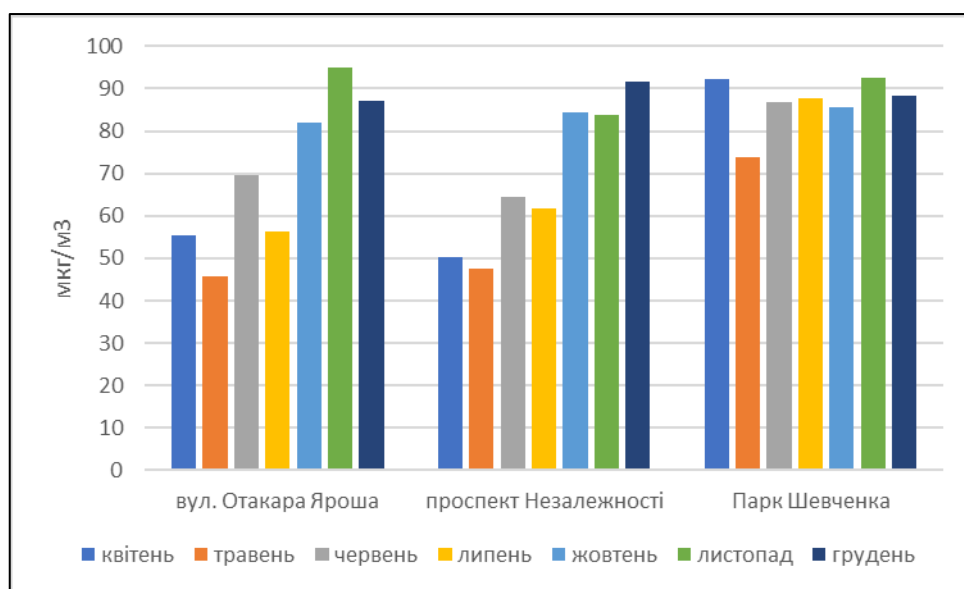


Рис. 3.4 – Середні місячні концентрації PM_{10} у повітрі в місцях дослідження

Найменшу середньомісячну концентрацію було зафіксовано в точці 1 – 45.8 мкг/м³, найбільшу ж в точці 3 – 92.1 мкг/м³ (рис.3.4).

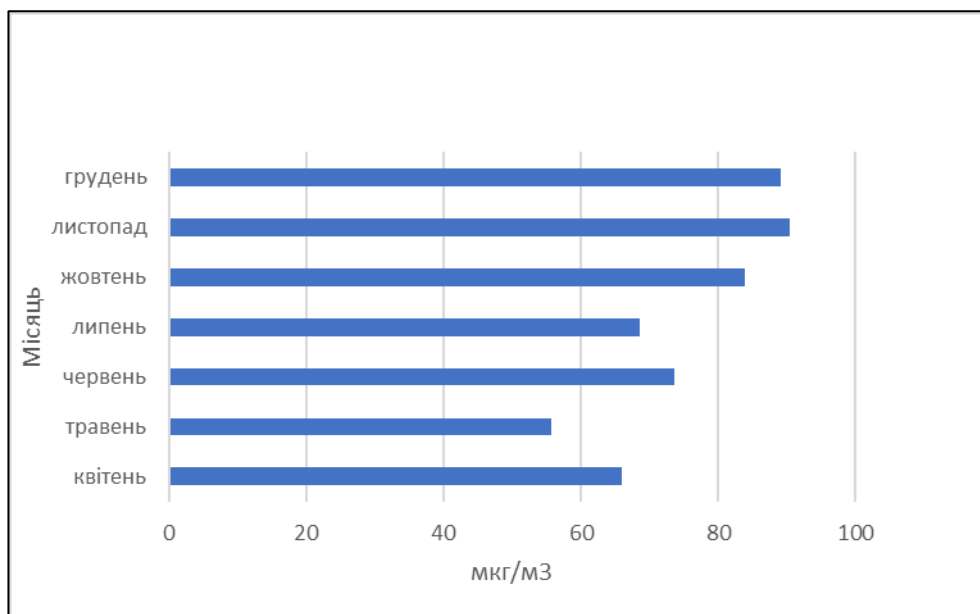


Рис. 3.5 – Узагальнені середні значення концентрацій PM10 для місць спостереження

Часова варіація розрахованих середніх значень масових концентрацій PM₁₀ свідчить про зростання концентрації пилу в повітрі з листопаду по грудень. На листопад припало найбільше середнє значення – 90.4 мкг/м³. Найменші середні значення припадають на весняні місяці, що можливо пов'язане з більшою кількістю опадів в ці місяці. 55.7 мкг/м³ в квітні та 65.9 мкг/м³ в травні. Данні вимірювань перевищують допустимі значення PM₁₀ визначені ВООЗ та ЄС. В листопаді було зафіксовано найбільшу концентрацію що перевищила ГДК на 55 % (рис.3.5).

3.2. Визначення залежності кількості РМ від вологості повітря

Для визначення залежності кількості дрібнодисперсного пилу від вологості повітря було досліджено відносну вологість повітря в місцях вимірювань кількості пилу.(рис.3.6, рис.3.7, рис.3.8)



Рис. 3.6 – Відносна вологість в точці № 1 за період спостереження

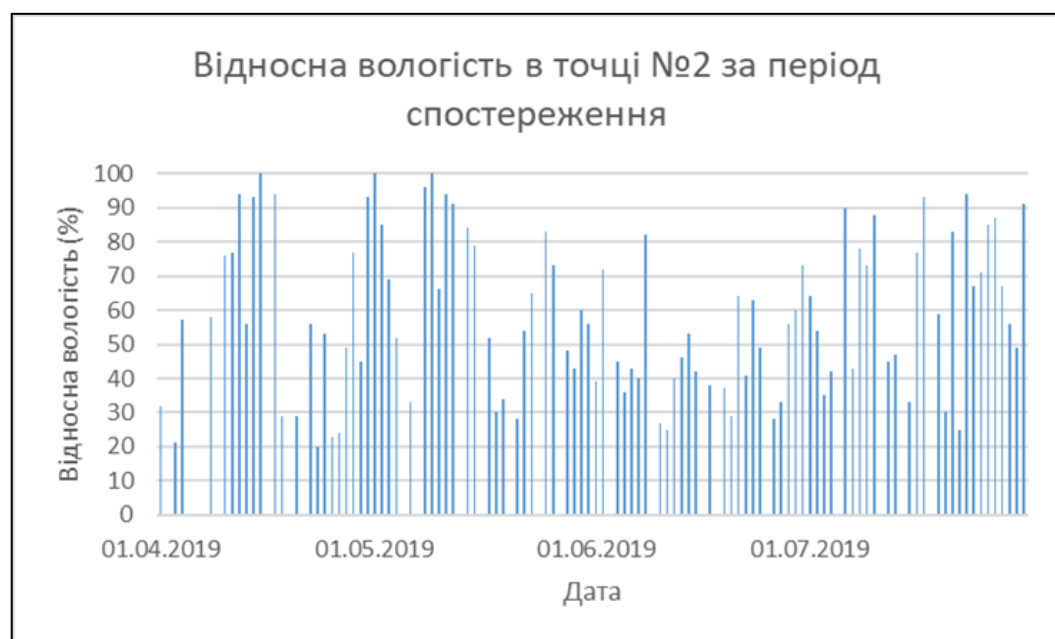


Рис. 3.7 – Відносна вологість в точці №2 за період спостереження



Рис. 3.8 – Відносна вологість в точці № 3 за період спостереження

Нами було досліджено кількість $PM_{2.5}$ та PM_{10} в трьох точках в період з 1.04.2019 по 31.07.2019 і досліджено залежність кількості дрібнодисперсного пилу від вологості повітря за цей період.

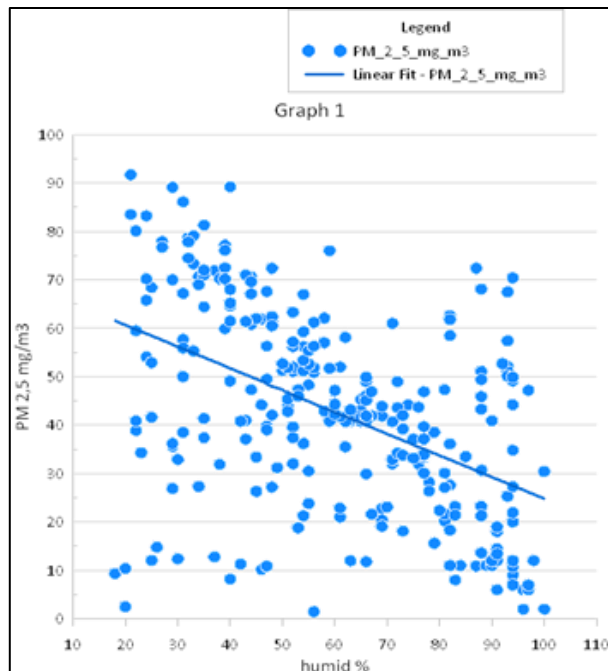


Рис. 3.9 – Залежність $PM_{2.5}$ від вологості повітря в точці №1

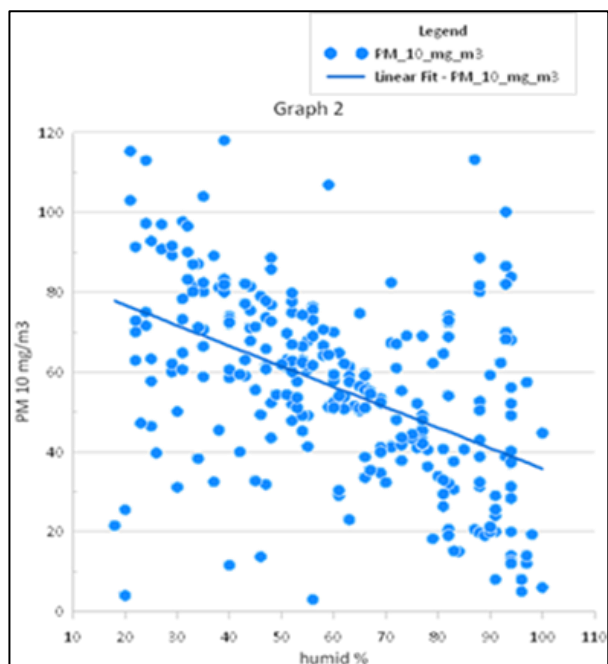


Рис. 3.10 – Залежність PM_{10} від вологості повітря в точці №1

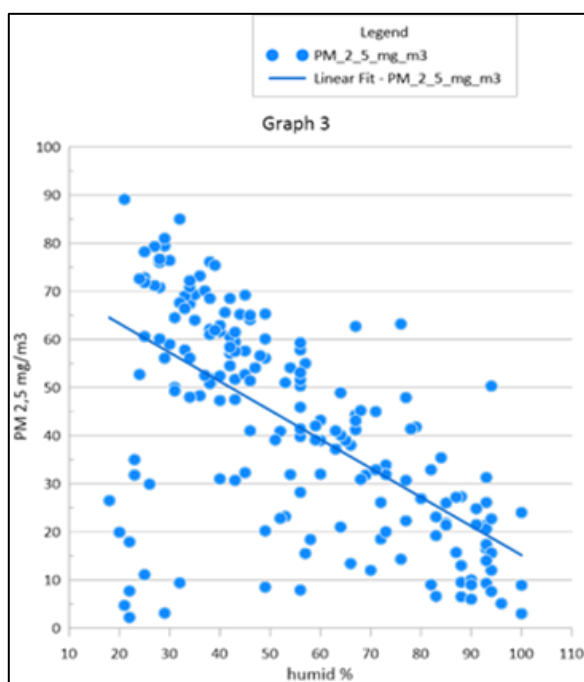


Рис. 3.11 – Залежність $PM_{2.5}$ від вологості повітря в точці №2

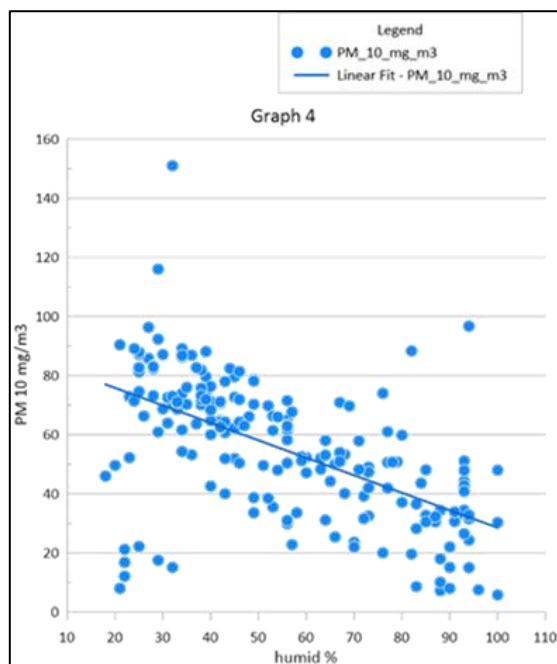


Рис. 3.12 – Залежність PM_{10} від вологості повітря в точці №2

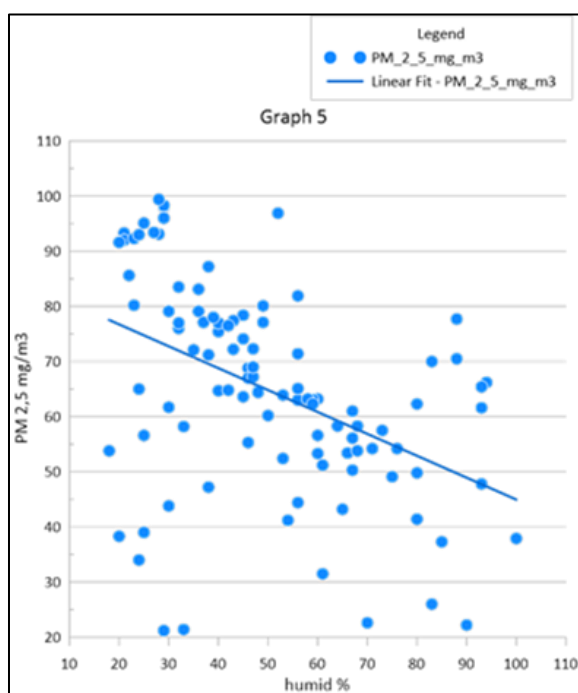


Рис. 3.13 – Залежність $PM_{2.5}$ від вологості повітря в точці №3

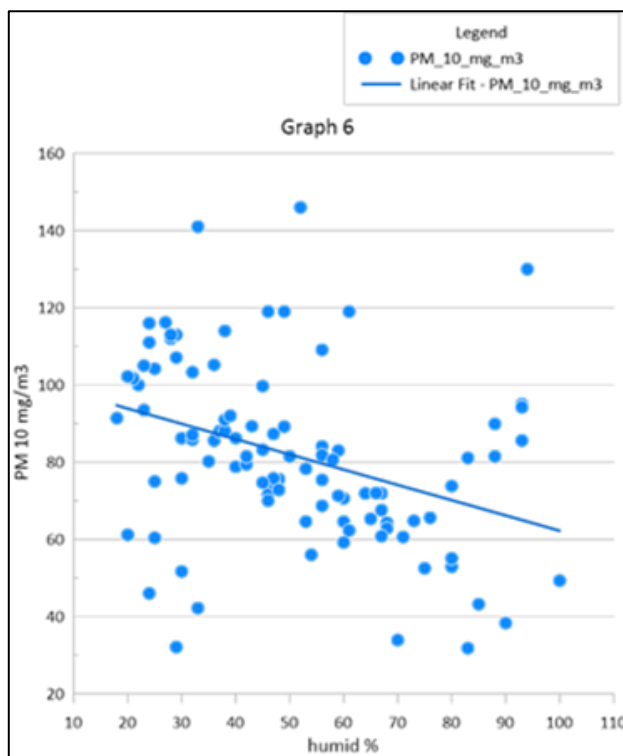


Рис. 3.14 – Залежність PM_{10} від вологості повітря в точці №3

На графіках наведених вище зображено залежність $PM_{2.5}$ та PM_{10} в точках вимірювання за проміжок часу з квітня по липень в 2019 році. По лініям тренду можемо спостерігати залежність – зниження кількості частинок зі збільшенням відсотку вологості, але про точну наявність залежності важко стверджувати оскільки ми спостерігаємо також і дні коли при збільшенні рівня вологості кількість частинок була високою. Особливо це видно на рисунку 3.11.

3.3. Рекомендації

Забруднення повітря є глобальною проблемою. Проте в містах забруднення є ще більш нагальною проблемою оскільки кількість проживаючих людей є досить великою, а разом з цим і кількість забруднювачів також є великою. Більшість має особистий автомобіль або користується громадським транспортом.

Місто зазвичай є місцем зосередження підприємств. Наразі устаткування та технології на частині з них є застарілими та продукують невинновданно

велику кількість викидів. Створення зелених коридорів допоможе вирішити проблему забруднення повітря та зробити місто більш комфортним для проживання людей в ньому.

Транспорт також продукує значну частину викидів. Викиди від дизельних двигунів вважаються найбільш небезпечними, а люди, які проживають поблизу великих транспортних магістралей частіше страждають від серцевих захворювань та захворювань дихальних шляхів. Тому потрібно регулювати кількість автотранспорту в місті.

Досі не визначено гранично допустиму концентрацію для дрібнодисперсного пилу. Після визначення буде простіше проводити моніторинг та регулювання кількості пилу в повітрі.

ВИСНОВКИ

1. У Шевченківському районі міста Харків розміщено ряд підприємств що здійснюють антропогенне навантаження на оточуюче середовище. В процесі діяльності цих підприємств в атмосферу викидається велика кількість хімічних елементів, в тому числі і досліджуваний дрібнодисперсний пил фракцій $PM_{2.5}$ та PM_{10} .

2. Дослідження наявності дрібнодисперсного пилу в повітрі Шевченківського району м. Харків проводилось в 2019 році з 01.04.19 по 31.07.19 та з 01.10.19 по 31.12.19. Вимірювання проводилось в трьох місцях Шевченківського району м. Харків з різним характером антропогенного навантаження.

3. Пил прийнято розподіляти за фракціями, оскільки численними дослідженнями було доведено різний вплив на людину пилу різного розміру.

4. Дослідження наявності в повітрі дрібнодисперсного пилу в містах є дуже важливим оскільки підвищений рівень $PM_{2.5}$ та PM_{10} у приземному шарі атмосфери може призводити до розвитку захворювань дихальних шляхів та ризику виникнення хвороб серцево-судинної системи. Більш вразливою частиною населення є діти та люди похилого віку.

5. Загроза дрібнодисперсного пилу для здоров'я населення таїться у його здатності легко проникати в організм людини через дихальні шляхи саме завдяки його дрібним розмірам. Будучи надзвичайно легким, дрібнодисперсний пил може тривалий час зоставатися у атмосфері та переноситися на далекі відстані від місця утворення. Внаслідок перенесення пилу вітром змінюються його фізичні та хімічні характеристики, тому їх небезпека може збільшуватись.

6. Часова варіація розрахованих середніх значень масових концентрацій $PM_{2.5}$ свідчить про зростання концентрації пилу в повітрі з листопаду по грудень. Саме на грудень припало найбільше середнє значення – 65.1. Найменші середні значення припадають на весняні місяці. 40.6 в квітні та

43.6 в травні. Данні вимірювань перевищують допустимі значення $PM_{2.5}$ визначені ВООЗ.

7. Часова варіація розрахованих середніх значень масових концентрацій PM_{10} свідчить про зростання концентрації пилу в повітрі з листопаду по грудень. На листопад припало найбільше середнє значення – 90.4. Найменші середні значення припадають на весняні місяці. 55.7 в квітні та 65.9 в травні. Данні вимірювань перевищують допустимі значення PM_{10} визначені ВООЗ та ЄС.

8. Можемо спостерігати залежність – зниження кількості частинок зі збільшенням відсотку вологості, але про точну наявність залежності важко стверджувати оскільки ми спостерігаємо також і дні коли при збільшенні рівня вологості кількість частинок була високою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2019 році. Харків : Харків. облдержадмін. департамент зах. Довкілля та природокористування, 2020. 171 с. URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1054/105379/Attaches/regionalna_dopovid_2019_harkivska_oblast.pdf?sv.
2. Екологічний паспорт харківської області. Харків, 2020. 183 с. URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1054/105378/Attaches/ekologichniy_pasport_regionu_harkivska_oblast_za_2019_rik_doc.pdf?sv.
3. Аналітична довідка щодо екологічного стану м. Харкова та Харківської області за листопад-грудень 2019 року. Харків, 2020. 7 с. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Zvit/2020/Харківська.pdf>.
4. Захворюваність населення (1995-2017 рр.). *Головн управління статистики у Харківській області*. URL: <http://kh.ukrstat.gov.ua/index.php/zakhvoriuvanist-naselennia>.
5. Борщевський О. О., Добровольський О. Л.. Тверді часточки як забруднювачі довкілля та джерела їх утворення в автомобілі. НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ № 4 (234) липень – серпень 2013 р. с.10-11.
6. EPA – *United States Environmental Protection Agency*. URL: <https://www.epa.gov/>.
7. World Health Organization Regional office for Europe Health effects of particulate matter. UN City, Marmorvej 51, 2013. p. 2-6.
8. Які джерела забруднення атмосферного повітря?. *Зелений фонд*. URL: <https://greenfund.com.ua/2019/11/29/yaki-dzherela-zabrudnennya-atmosfernogo-povitrya/>.
9. AIR QUALITY EXPERT GROUP. Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) in the United Kingdom. United Kingdom, 2012. p. 9-19.
10. Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. World Health Organization 2006. p. 5-15.

11. Health impacts of air pollution. *European Environment Agency*. URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/signals/signals-2013/infographics/health-impacts-of-air-pollution/view>
12. Волкодаева М. В., д-р техн. наук Демина К. В. ООО «Институт проектирования, экологии и гигиены».о Мониторинге мелкодисперсных частиц на границе санитарно-защитной зоны. *Экология производства*. № 10 окт. 2015. с. 54-57.
13. Ревич Б. А. мелкодисперсные взвешенные частицы в атмосферном воздухе и их воздействие на здоровье жителей мегаполисов. ПЭММЭ, Том XXIX, № 3, 2018. с. 53-78.
14. Eleonora Longhin, Jorn A Holme, Kristine B Gutzkow, Volker M Arlt, Jill E Kucab, Marina Camatini and Maurizio Gualtieri. Cell cycle alterations induced by urban PM2.5 in bronchial epithelial cells: characterization of the process and possible mechanisms involved. *Particle and Fibre Toxicology*, 2013. p. 1-17.
15. Laser PM2.5 Sensor Product Sesification. 2015-7-3. Nova Fitness Co., Ltd.
16. Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету. URL: <https://www.city.kharkov.ua/uk/gorodskaya-vlast/ispolnitelnyie-organyi/rajonnyie-administraczii/shevchenkivskij-rajon/dzerzhinskij-rajon.html>.
17. Шевченківський район. *Підприємництво та споживчий ринок міста Харкова*. URL: <https://ppr.kharkov.ua/ua/shevchenkivskyi-district>.
18. Архів погоди в Харкові. *Rp5.ua*. URL:<https://rp5.ua/>.
19. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи.
20. WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva: WHO, 2005. p.

21. ДСП-201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) : затв. наказом МОЗ України від 9 липня 1997 р. No201.