

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут нафтогазової інженерії
Кафедра технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці

Шайбан Валерія Романівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 504.3:628.53:656.1(477)

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

«Аналіз впливу автотранспорту на якість повітря в м. Івано-Франківськ»

(назва роботи)

Технології захисту навколишнього середовища

(назва освітньої програми)

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень, використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело:**

Здобувач освітнього ступеня Шайбан Валерія Романівна

(підпис, ім'я та прізвище здобувача)

Науковий керівник Грицуляк Галина Михайлівна, д.с.г.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

(посада) (підпис) (дата) (ім'я та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут нафтогазової інженерії

Кафедра Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці

ОПП Технології захисту навколишнього середовища

Затверджую

Зав. кафедри ТЗБП

Галина Грицуляк _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

“ ____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шайбан Валерія Романівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз впливу автотранспорту на якість повітря в м. Івано-Франківськ»

керівник роботи Грицуляк Галина Михайлівна, д.с.г.н., доцент
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання керівника)

затверджені наказом університету від “ ____ ” _____ 20__ р. №

2 Термін здачі закінченої роботи “ ____ ” _____ 2025 р.

3 Вихідні дані до роботи

Провести аналіз основних джерел забруднення атмосферного повітря в м.Івано-Франківськ.

Оцінити внесок автотранспорту у формування екологічної ситуації в урбанізованих територіях.

Дослідити методи оцінювання якості повітря та можливості моніторингу транспортного забруднення в Україні.

Виконати аналіз статистичних даних щодо викидів автотранспорту та якості повітря в обраному місті або регіоні.

Розробити рекомендації щодо зменшення впливу автотранспорту на атмосферне повітря в міських умовах.

5 Орієнтовний перелік текстового та графічного матеріалу в презентації

Календарний план виконання бакалаврської роботи

№	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін Виконання	Примітка
1	<u>ВСТУП</u>		
2	<u>РОЗДІЛ 1.</u> Теоретичні аспекти впливу автотранспорту на якість повітря		
3	<u>РОЗДІЛ 2.</u> Методи та засоби оцінки забруднення повітря автотранспортом		
4	<u>РОЗДІЛ 3.</u> Аналіз статистичних даних та пропозиції зі зменшення впливу автотранспорту на якість повітря		
5	ВИСНОВКИ		
6	ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА ДОДАТКИ		

Студентка Шайбан Валерія Романівна

(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник Грицуляк Галина Михайлівна, д.с.г.н, доцент

(підпис) (ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ.....	8
1.1.Характеристика основних джерел забруднення атмосферного повітря в містах	8
1.2.Вплив автотранспорту на стан довкілля та здоров'я населення.....	14
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ АВТОТРАНСПОРТОМ	22
2.1. Методичні підходи до оцінювання якості атмосферного повітря	22
2.2. Огляд інформаційних систем та інструментів моніторингу повітря в Україні	27
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ.....	35
3.1. Аналіз статистичних даних про забруднення повітря та кількість автотранспорту в регіонах України.....	35
3.2. Пропозиції щодо зниження впливу автотранспорту на якість атмосферного повітря	43
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51
ДОДАТКИ.....	56

ВСТУП

У сучасних урбанізованих середовищах проблема забруднення атмосферного повітря посідає провідне місце серед екологічних викликів, що постають перед суспільством. Забруднення повітря не лише порушує екологічну рівновагу, а й безпосередньо впливає на здоров'я населення, спричиняючи зростання рівня захворюваності на респіраторні, серцево-судинні та онкологічні хвороби. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), саме забруднення повітря є причиною понад 7 мільйонів передчасних смертей щороку у світі. В Україні ця проблема також залишається вкрай загостреною, зокрема внаслідок високої концентрації населення в містах, стрімкого зростання кількості автомобільного транспорту та недосконалості екологічного регулювання. Серед основних джерел забруднення атмосферного повітря саме автотранспорт стабільно займає перше місце. За даними офіційної статистики Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, частка викидів від транспортних засобів у загальному обсязі забруднюючих речовин у містах коливається в межах 50-80%, залежно від регіону. Зношеність автопарку, переважання транспортних засобів, що не відповідають сучасним екологічним стандартам, перевантаженість дорожньої інфраструктури та неефективна організація дорожнього руху значно погіршують якість повітря в міському середовищі.

Актуальність теми значно зросла в умовах війни, яка спричинила масштабні руйнування інфраструктури, включно з екологічно важливими об'єктами моніторингу та регулювання. У післявоєнний період, коли розпочинається активна фаза відбудови міст, важливо переосмислити підходи до розвитку транспортної системи, з урахуванням екологічної складової. Це передбачає впровадження більш ефективних систем моніторингу якості повітря, розвиток громадського електротранспорту, створення екозон, зменшення ролі приватного автотранспорту у внутрішньоміському русі.

У світовій та вітчизняній науковій літературі проблемі впливу автотранспорту на атмосферне повітря присвячено значну кількість досліджень. Серед вітчизняних учених, які зробили вагомий внесок у вивчення цього питання, варто згадати роботи І. О. Ковальчук, О. В. Василенка, Л. М. Шевчука, які аналізували вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище в містах України, розробляли методики оцінювання рівня забруднення повітря, а також пропонували інженерно-екологічні заходи з мінімізації негативного впливу. У міжнародному контексті ґрунтовні дослідження з цієї тематики здійснювали такі фахівці, як М. J. Nieuwenhuijsen (Іспанія), R. Beelen (Нідерланди), А. Karner (США), які вивчали зв'язок між викидами автотранспорту та станом здоров'я міського населення, вплив транспортних потоків на рівень забруднення вулиць і мікрорайонів, а також розробляли сучасні концепції транспортного планування у містах.

Мета дослідження- проаналізувати вплив автотранспорту на якість атмосферного повітря в міських умовах та обґрунтувати шляхи зниження негативного впливу транспорту на довкілля.

Завдання дослідження:

1. охарактеризувати основні джерела забруднення атмосферного повітря в містах;
2. дослідити вплив автотранспорту на довкілля і здоров'я населення;
3. розглянути методи оцінювання якості повітря та інформаційні системи моніторингу в Україні;
4. проаналізувати статистичні дані про кількість транспорту та рівень забруднення в регіонах України;
5. запропонувати заходи щодо мінімізації негативного впливу автотранспорту.

Об'єкт дослідження- процес забруднення атмосферного повітря в міських умовах.

Предмет дослідження- вплив автотранспортних засобів на стан атмосферного повітря та методи оцінювання цього впливу.

У процесі виконання роботи використано загальнонаукові та спеціальні **методи дослідження**: аналітичний (для опрацювання наукових джерел та нормативних документів з екології транспорту), статистичний (для аналізу даних щодо викидів забруднюючих речовин та кількості транспорту), картографічний (для візуалізації розподілу забруднення), порівняльний (для аналізу впливу транспорту в різних регіонах), а також методи системного аналізу (для оцінки взаємозв'язків між кількістю транспорту та якістю повітря). Використання комплексу методів забезпечило достовірність отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в узагальненні сучасних підходів до оцінювання впливу автотранспорту на атмосферне повітря з урахуванням українського контексту, виявленні тенденцій забруднення повітря в окремих регіонах України та формуванні практичних рекомендацій щодо зниження транспортного навантаження на міське середовище.

Практичне значення дослідження полягає в можливості використання запропонованих заходів органами місцевої влади, екологічними організаціями та транспортними відомствами під час розробки політик сталого розвитку та поліпшення екологічного стану міського середовища.

Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел 64 позицій та додатків. Загальний обсяг роботи становить 64 сторінок, включає 8 таблиць, 5 рисунків, 1 додаток.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ

1.1. Характеристика основних джерел забруднення атмосферного повітря в містах

Атмосферне повітря є невід'ємною складовою природного середовища та життєвого простору людини. Саме воно забезпечує дихання, регуляцію температури, процеси фотосинтезу та підтримання кліматичного балансу. Проте в умовах інтенсивного розвитку промисловості, транспорту й урбанізації якість атмосферного повітря зазнає постійного та все більшого антропогенного навантаження. Особливо гостро ця проблема стоїть у містах, де концентрація джерел забруднення є найвищою.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря в урбанізованих зонах є стаціонарні, пересувні та природні чинники. До стаціонарних джерел належать промислові підприємства, зокрема металургійні комбінати, хімічні та цементні заводи, а також теплоелектростанції (ТЕС), котельні, підприємства енергетичної галузі та житлово-комунального господарства. Ці об'єкти викидають у повітря великі обсяги шкідливих речовин, серед яких переважають двоокис сірки (SO_2), оксиди азоту (NO_x), вуглекислий газ (CO_2), пил, сажа, важкі метали (свинець, кадмій, ртуть) та інші токсичні елементи. Вони не лише знижують якість повітря, а й впливають на здоров'я населення, викликаючи захворювання дихальної системи, серцево-судинні порушення та навіть онкологічні недуги[11].

Другу значну групу становлять пересувні джерела забруднення, серед яких провідну роль у міському середовищі відіграє автомобільний транспорт. Автомобілі є основним джерелом монооксиду вуглецю (CO), що утворюється внаслідок неповного згоряння пального, а також оксидів азоту (NO_x), летких органічних сполук (VOC), сажі, бензапірену й дрібнодисперсного пилу, зокрема часток $\text{PM}_{2.5}$ та PM_{10} . Ці частинки мають здатність проникати глибоко в легені та навіть у кровоносну систему, викликаючи запальні процеси,

загострення хронічних хвороб і порушення обміну речовин. Крім автомобілів, до пересувних джерел належать залізничний, повітряний і водний транспорт, проте їхній внесок у забруднення повітря в містах зазвичай є менш значним [20].

Окрему групу становлять природні джерела забруднення. До них належать пилові бурі, лісові й торф'яні пожежі, виверження вулканів, а також процеси розкладу органічних речовин, які супроводжуються викидами метану, аміаку та інших газів. Попри те, що такі джерела не мають антропогенного походження, вони можуть суттєво впливати на якість повітря, особливо в умовах надзвичайних природних явищ або змін клімату. Водночас у міському середовищі їхній вплив є переважно локальним, короткочасним або сезонним, і за масштабами значно поступається техногенним забрудненням.

У структурі викидів забруднюючих речовин у міських умовах України домінують саме пересувні джерела, і серед них - автотранспорт. За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, частка автотранспорту в загальному обсязі викидів у містах у 2023 році склала близько 64%, а в деяких регіонах - понад 75%. Це обумовлено інтенсивною автомобілізацією, високим рівнем зношеності автопарку та низьким рівнем екологічних стандартів двигунів (Таб. 1.1) [6].

Таблиця 1.1 - Основні джерела забруднення атмосферного повітря в містах України та їхня частка, %

Джерело	Частка в загальному обсязі викидів (%)
Автотранспорт	64%
Промислові підприємства	21%
Теплоелектростанції та котельні	9%
Інші пересувні джерела	3%
Природні фактори	3%

Забруднюючі речовини, що викидаються автотранспортом, мають як локальний, так і транскордонний вплив. Особливо небезпечними є PM_{2.5} та PM₁₀, які проникають глибоко в легені, а також бензапірен - канцерогенна

речовина, що часто перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК) в прицентральних районах міст.

На рисунку 1.1. зображено ключові компоненти забруднення атмосферного повітря, які генеруються в процесі експлуатації автотранспорту. До них належать: чадний газ (CO), що утворюється через неповне згоряння пального; оксиди азоту (NO_x), які провокують кислотні дощі та погіршення якості повітря; оксиди сірки (SO₂), характерні передусім для дизельного пального; тверді частинки (PM_{2.5}, PM₁₀), здатні проникати глибоко в дихальні шляхи людини; леткі органічні сполуки (ЛОС) та бензапірен, що мають канцерогенну дію. Сукупність цих забруднювачів становить серйозну екологічну та медичну проблему в межах міських агломерацій [21].

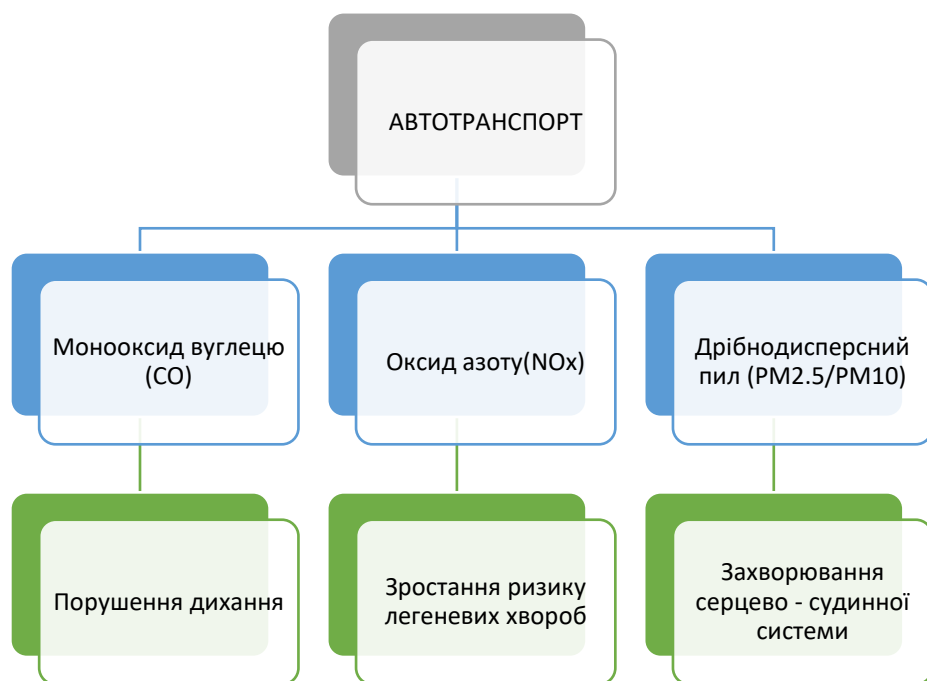


Рисунок 1.1 - Основні забруднюючі речовини, що утворюються внаслідок роботи автомобільного транспорту

Таким чином, саме автотранспорт є ключовим фактором техногенного навантаження на атмосферу міста. Його вплив посилюється через щільність

забудови, наявність заторів, несприятливі метеоумови та низький рівень контролю за технічним станом автомобілів.

До числа найбільш небезпечних забруднювачів, що утворюються внаслідок роботи транспортних засобів, належать низка токсичних речовин, які становлять серйозну загрозу як для довкілля, так і для здоров'я людини. Однією з найпоширеніших є чадний газ (CO), або монооксид вуглецю, який утворюється при неповному згорянні пального, особливо в умовах дефіциту кисню в двигунах внутрішнього згорання. Цей газ не має запаху, кольору і є особливо небезпечним тим, що легко зв'язується з гемоглобіном у крові людини, перешкоджаючи транспортуванню кисню до органів і тканин. Навіть при короткочасному впливі чадний газ може викликати головний біль, нудоту, порушення координації, а у великих концентраціях - призвести до втрати свідомості та смерті.

Серед інших шкідливих викидів важливу роль відіграють оксиди азоту (NO_x), до яких належать діоксид азоту (NO_2) та монооксид азоту (NO). Вони не лише забруднюють повітря, а й беруть участь у формуванні кислотних дощів, які пошкоджують рослинність, ґрунти та будівлі, а також є причиною подразнення дихальних шляхів людини. Довготривалий контакт з оксидами азоту може викликати загострення хронічних респіраторних захворювань, таких як астма чи бронхіт [16, с.5-16].

Ще одним компонентом вихлопів є оксиди сірки (передусім діоксид сірки, SO_2), які особливо характерні для дизельного транспорту, а також для машин, що використовують пальне з підвищеним вмістом сірки. В атмосфері ці сполуки утворюють дрібні кислотні аерозолі, які погіршують якість повітря, викликають подразнення слизових оболонок, а також сприяють розвитку серцево-судинних і легневих захворювань.

Важливим видом забруднювачів, які має транспорт, є тверді частинки (зокрема $\text{PM}_{2.5}$ та PM_{10}), що мають мікроскопічні розміри та легко проникають глибоко в дихальні шляхи. Частки діаметром до 2.5 мікрметрів здатні проникати навіть у легеневі альвеоли та кровоносну систему,

викликаючи запальні процеси, порушення серцево-судинної діяльності та підвищуючи ризик розвитку онкологічних захворювань.

Окрему загрозу становлять леткі органічні сполуки (ЛОС) і бензапірен - поліциклічний ароматичний вуглеводень, який утворюється в результаті неповного згоряння органічних речовин. Ці сполуки є визнаними канцерогенами, здатними викликати мутації клітин і порушення в ендокринній системі. Особливо небезпечними вони є для дітей, людей похилого віку та осіб із хронічними хворобами.

Забруднювачі, що утворюються в результаті роботи транспортних засобів, мають комплексну дію: вони забруднюють повітря, ґрунти й водні ресурси, погіршують якість життя мешканців міст і є значним чинником погіршення загального стану довкілля. Зменшення їхнього впливу можливе лише за умови комплексного підходу до модернізації транспортної системи, переходу на екологічно чисті джерела енергії та впровадження сучасних фільтраційних технологій.

Оцінюючи вплив транспорту на забруднення повітря, важливо враховувати не лише обсяги викидів, а й комплекс природно-географічних чинників, що можуть підсилювати або, навпаки, зменшувати негативні наслідки. Зокрема, топографічне розташування міст має суттєве значення для накопичення шкідливих речовин в атмосфері. У містах, розміщених у природних западинах, долинах або низинах, як-от Київ або Чернівці, у холодний період року часто виникає метеорологічне явище температурної інверсії, коли тепле повітря утримує холодніше повітря біля земної поверхні. Це призводить до того, що забруднювальні речовини, які утворюються в процесі згоряння пального, не розсіюються у вищих шарах атмосфери, а накопичуються на рівні, де дихають люди, створюючи явище, відоме як смог. Така ситуація може тривати годинами або навіть днями, особливо за умов безвітряної погоди, і має серйозний вплив на здоров'я населення - зростає кількість звернень до лікарень із респіраторними проблемами, загострюються хронічні захворювання [30].

Окрему увагу слід приділити типу двигунів та якості пального, оскільки саме ці фактори безпосередньо впливають на характер і масштаб викидів. Дизельні двигуни, хоча й вважаються більш економічними за витратами пального, продукують значно більшу кількість оксидів азоту (NO_x) і дрібнодисперсного пилу (PM), особливо якщо не обладнані сучасними фільтрами твердих частинок. У той час як бензинові двигуни виділяють в атмосферу переважно монооксид вуглецю (CO) та леткі органічні сполуки (ЛОС), що також є небезпечними для здоров'я та можуть мати канцерогенну дію. Нерідко у міському середовищі можна побачити старі автомобілі, які не відповідають сучасним екологічним нормам Євросоюзу, зокрема вимогам стандарту Євро-5 чи Євро-6. Їхня експлуатація сприяє підвищенню рівня техногенного навантаження на повітряне середовище, особливо у години пік, коли транспортна інтенсивність найбільша.

Порівняльний аналіз із країнами Європейського Союзу дає можливість оцінити потенційні напрямки вдосконалення транспортної політики в Україні. Наприклад, у таких містах як Берлін, Мадрид та Осло вже багато років впроваджуються ефективні екологічні стратегії. Однією з найуспішніших є система зон низьких викидів (Low Emission Zones, або LEZ), яка передбачає обмеження або повну заборону в'їзду транспортних засобів, що не відповідають високим екологічним вимогам. Такі заходи дозволили суттєво знизити концентрацію шкідливих речовин, насамперед оксидів азоту та твердих частинок у повітрі [12].

Крім того, багато європейських міст активно переходять на електротранспорт, у тому числі електробуси та трамваї, що дозволяє повністю усунути локальні викиди в атмосферу. Паралельно розвивається велосипедна інфраструктура, створюються пішохідні зони, впроваджуються системи спільного користування транспортом (car sharing, bike sharing), що зменшує загальну кількість приватних автомобілів у місті. У результаті такого підходу вдалося не лише поліпшити якість повітря, а й підвищити комфорт та безпеку пересування мешканців.

Україні також варто активно впроваджувати системні рішення, спрямовані на зменшення шкідливого впливу транспорту. Це передбачає розвиток і модернізацію громадського транспорту, зокрема електротранспорту, поступову відмову від старих автомобілів з високими викидами, стимулювання використання екологічно чистого транспорту, створення розгалуженої вело- та пішохідної інфраструктури. Такий комплекс заходів дозволить значно зменшити рівень забруднення повітря в містах, покращити здоров'я населення та підвищити якість міського середовища загалом.

1.2. Вплив автотранспорту на стан довкілля та здоров'я населення

Автомобільний транспорт справляє багатогранний і стійкий негативний вплив як на навколишнє середовище, так і на здоров'я населення, зокрема в умовах великих міст, де транспортні потоки досягають найвищої інтенсивності. З кожним роком кількість транспортних засобів зростає, що зумовлює зростання обсягів шкідливих викидів у повітря. Двигуни внутрішнього згоряння під час роботи виділяють значну кількість токсичних сполук, до яких належать: оксиди азоту (NO_x), чадний газ (CO), оксиди сірки (SO_2), тверді зважені частинки (зокрема $\text{PM}_{2.5}$ і PM_{10}), леткі органічні сполуки, а також вуглекислий газ (CO_2), який є ключовим парниковим газом, що сприяє глобальному потеплінню.

Найбільшу небезпеку для довкілля становлять механізми прямого й опосередкованого впливу автомобільних викидів на атмосферу та природні процеси. У разі високої концентрації забруднювачів в атмосферному повітрі, особливо за умов температурної інверсії (коли холодне повітря затримується під шаром теплого), відсутності вітру та підвищеної вологості, формується фотохімічний смог. Його утворенню сприяє інтенсивна взаємодія оксидів азоту з вуглеводнями під впливом сонячного випромінювання. Цей смог,

характерний для багатьох українських міст, особливо Києва, Львова, Дніпра, призводить не тільки до зниження видимості, а й до суттєвого зростання рівня небезпечних для життя газів у приземному шарі атмосфери, що зумовлює значне погіршення якості повітря. Люди, які проживають у районах з підвищеним рівнем забруднення, особливо відчувають на собі вплив таких явищ: у них частіше виникають респіраторні симптоми, головні болі, загострення хронічних захворювань [7].

Оксиди сірки та азоту, які викидаються транспортом, взаємодіючи з водяною парою в атмосфері, утворюють кислоти, що спричиняють кислотні дощі. Такі атмосферні опади знижують рН ґрунтів, що згубно впливає на ріст рослин, зменшує родючість земель, а також забруднює поверхневі й ґрунтові води, сприяючи біологічній деградації водойм. Через регулярний вплив кислотних дощів гинуть дерева, порушується фотосинтез, відбувається загальне виснаження екосистем.

Ще одним важливим наслідком діяльності автотранспорту є зміна мікроклімату міських територій. Постійна робота двигунів, високе теплове випромінювання від транспорту та асфальтового покриття створюють ефект локального перегріву - так званий «міський тепловий острів». Температура в таких районах може бути на кілька градусів вищою, ніж у приміських або сільських регіонах. Це сприяє не тільки формуванню локальних кліматичних аномалій, а й збільшує навантаження на серцево-судинну систему людини, підвищуючи ризики серцевих нападів, теплових ударів, особливо в літній період.

Уплив викидів від автотранспорту на організм людини є не менш значущим, ніж на природу. Найнебезпечнішими для здоров'я визнані дрібнодисперсні частинки - PM_{2.5}, які мають діаметр менше ніж 2.5 мікрометри. Завдяки своїм мікроскопічним розмірам вони здатні проникати глибоко в дихальні шляхи, досягаючи альвеол легень, звідки можуть потрапляти безпосередньо в кровотік. Це призводить до розвитку хронічних запальних процесів у легенях, сприяє загостренню бронхіальної астми,

збільшує ризик виникнення обструктивних хвороб дихальної системи, а також асоціюється з підвищеною смертністю від раку легенів [13, с.1-3].

Оксиди азоту (NO_x), які утворюються переважно внаслідок роботи дизельних двигунів, викликають подразнення слизової оболонки носа, гортані, бронхів і можуть спричинити гострі або хронічні захворювання органів дихання, зокрема бронхіт і пневмонію. Крім того, NO_x впливають на серцево-судинну систему, підвищуючи ризики аритмії, ішемії та інфарктів.

Чадний газ (CO), як продукт неповного згоряння пального, є особливо небезпечним для людей із захворюваннями серця та судин. Він легко проникає у кров, де зв'язується з гемоглобіном у сотні разів швидше, ніж кисень, утворюючи карбоксигемоглобін. Це блокує здатність крові транспортувати кисень до тканин, спричиняючи кисневе голодування. Таке явище є критичним для головного мозку, серцевого м'яза та плоду під час вагітності. У разі тривалого перебування в середовищі з підвищеним рівнем CO можливі непритомність, порушення когнітивних функцій, зниження концентрації уваги, ураження центральної нервової системи [3, с.246-284].

Водночас автотранспортні викиди несуть значне соціально-економічне навантаження. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щорічно від наслідків забруднення повітря вмирає понад 7 мільйонів осіб у світі. Значна частина цих смертей пов'язана саме із зовнішнім (атмосферним) забрудненням, основним джерелом якого є транспорт (таб. 1.2) [25, с. 261-264].

Таблиця 1.2. - Вплив основних забруднювачів автотранспорту на здоров'я людини

Забруднювач	Джерело утворення	Біохімічний вплив на організм	Вразливі групи
NO_x (оксиди азоту)	Вихлопні гази дизельних і бензинових авто	Викликають запалення слизових оболонок, бронхоспазми, сприяють утворенню озону та смогу	Астматики, діти, літні люди
CO (чадний газ)	Неповне згоряння пального	Заміщує кисень у гемоглобіні, спричиняє гіпоксію, головний біль, запаморочення	Вагітні, хворі на серце
$\text{PM}_{2.5}$	Знос шин, гальмівних колодок, дизельне паливо	Проникає глибоко в легені та кровоносну систему, викликає запалення, утворення тромбів	Діти, літні, хронічно хворі
SO_2 (діоксид)	Старі дизельні	Викликає подразнення дихальних	Люди з

Забруднювач	Джерело утворення	Біохімічний вплив на організм	Вразливі групи
сірки)	двигуни, забруднене пальне	шляхів, бронхіти, задишку	респіраторними хворобами
Бензол, формальдегід	Леткі органічні сполуки з пального	Мають канцерогенний ефект, впливають на ЦНС	Усі групи населення

У країнах з низьким та середнім рівнем доходу, таких як Україна, проблема ускладнюється браком сучасного транспорту, низькою якістю пального, слабким екологічним контролем. Хвороби, пов'язані з дихальною, серцево-судинною та нервовою системами, призводять до зниження працездатності, збільшення витрат на лікування та соціальні виплати. Це прямо впливає на економіку країни, зменшуючи продуктивність праці та збільшуючи навантаження на систему охорони здоров'я.

Забруднення повітря, спричинене автотранспортом, є серйозною загрозою як для навколишнього середовища, так і для здоров'я населення, особливо у великих містах, де інтенсивність руху досягає пікових значень. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щороку понад сім мільйонів людей у світі передчасно помирають внаслідок негативного впливу забрудненого повітря. Статистика вказує, що приблизно 25% випадків ішемічної хвороби серця, 24% інсультів і 43% випадків хронічної обструктивної хвороби легень пов'язані з тривалим впливом токсичних речовин, які містяться у повітрі, зокрема продуктів згоряння пального.

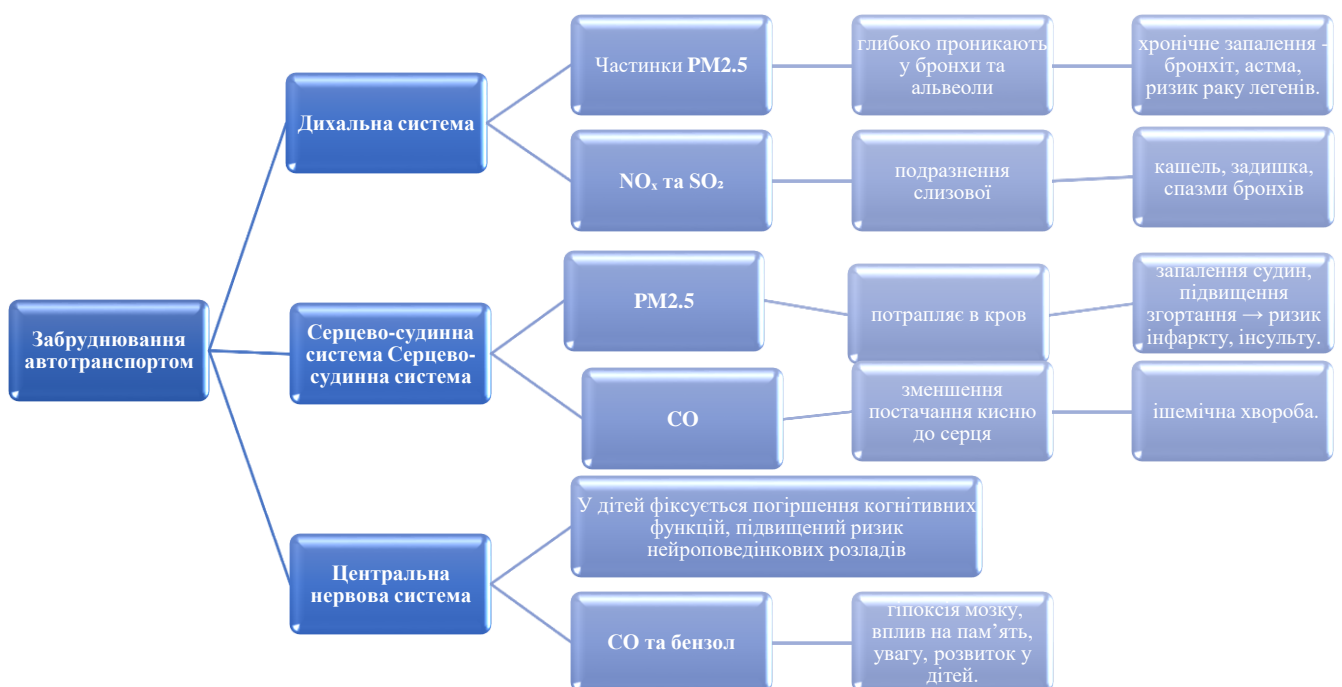
В Україні ситуація є подібною до загальносвітової. Дослідження, проведені в містах з високою інтенсивністю транспортного потоку, свідчать про суттєве зростання рівня бронхолегеневих захворювань серед дітей - частота таких недуг на 25-30% вища у порівнянні з районами, де автомобільний трафік є менш інтенсивним. Це підтверджує прямий зв'язок між забрудненням повітря і погіршенням стану здоров'я найвразливіших категорій населення[15, с. 5-6].

Крім безпосередньо хімічного забруднення атмосферного повітря, значну небезпеку становлять і фізичні фактори, зокрема шумове та вібраційне забруднення. Особливо це стосується районів, розташованих поблизу автомагістралей, де рівень шуму часто перевищує допустимі норми. Наукові

дослідження довели, що тривалий вплив шуму з рівнем понад 65 децибел може спричиняти розвиток артеріальної гіпертензії, викликати хронічні нервові розлади, сприяти виникненню порушень сну та емоційної нестабільності. Ще однією проблемою є вібрація, яка впливає на вестибулярний апарат та опорно-рухову систему людини. Особливо сильно ці впливи відчувають діти, люди похилого віку та особи із хронічними захворюваннями.

Вплив транспортного забруднення є нерівномірним і залежить від соціально-географічного положення населення. Найбільш уразливими до його наслідків є діти, літні люди, вагітні жінки, а також мешканці будинків, розташованих у безпосередній близькості до автострад, мостів, транспортних розв'язок. У маленьких дітей під впливом дрібнодисперсного пилу (PM2.5), чадного газу та навіть залишків важких металів, зокрема свинцю, можуть спостерігатися серйозні порушення когнітивних функцій. Це стосується, зокрема, зниження здатності до концентрації уваги, погіршення мовленнєвого розвитку, затримки психомоторного розвитку. Особливо небезпечно, що подібні наслідки можуть проявлятися у довгостроковій перспективі, впливаючи на якість життя вже в дорослому віці.

Загалом автотранспорт виступає одним із ключових факторів антропогенного навантаження на здоров'я людини, і його вплив вимагає не



лише технічних рішень (перехід на електротранспорт, покращення якості пального), а й ретельного державного контролю, медичного моніторингу й інформування населення про ризики, пов'язані із забрудненням повітря (рис.1.2) [15, с. 45-47].

Рис. 1.2. - Схематичне уявлення: як забруднювачі автотранспорту діють на організм

Сучасні підходи до урбаністики дедалі частіше враховують екологічний вплив транспорту. У країнах Європи активно впроваджуються зони з низьким рівнем викидів (LEZ), електрифікація громадського транспорту, велосипедна інфраструктура та обмеження в'їзду для авто з низькими екологічними стандартами. Наприклад, у Німеччині після введення «Umweltzonen» (екозон) рівень забруднення NO₂ у містах знизився на 10-15%. У Парижі, Барселоні та Амстердамі реалізується концепція «міста 15 хвилин», яка передбачає зниження потреби у транспорті загалом завдяки близькості до об'єктів інфраструктури.

Що стосується соціально-економічних наслідків, забруднення повітря зменшує продуктивність праці, призводить до зростання витрат на медичне обслуговування, зниження якості життя та втрат людського потенціалу. За даними ОЕСР, економічні втрати від забруднення повітря для країн з перехідною економікою можуть сягати від 2 до 4% ВВП щороку.

Проблема впливу автотранспорту на якість атмосферного повітря та здоров'я населення вже багато років перебуває у фокусі уваги науковців як в Україні, так і за кордоном. Ця тематика стала предметом глибоких міждисциплінарних досліджень, які охоплюють галузі екології, медицини, урбаністики та транспортного планування. В українському науковому просторі значний внесок у дослідження цієї проблеми зробили І. О. Ковальчук, О. В. Василенко та Л. М. Шевчук. У своїх роботах ці вчені зосередилися на розробці комплексних методик оцінювання впливу транспортного навантаження на стан повітря у міських агломераціях України.

Зокрема, І. П. Ковальчук у своїх дослідженнях акцентує увагу на взаємозв'язку між щільністю транспортних потоків і рівнем забруднення повітря в густонаселених районах. Його підхід включає геоінформаційне моделювання, що дозволяє виявляти осередки максимального впливу автомобільних викидів. У роботах Ковальчука пропонуються ефективні шляхи зниження негативного впливу, зокрема завдяки зміні організації дорожнього руху, впровадженню зон з обмеженим доступом для транспорту та популяризації громадського транспорту [36].

У своїй праці «Визначення забруднення окисом вуглецю від автотранспорту на об'їзній автодорозі» українські дослідники Д. С. Власенко проаналізував рівень забруднення атмосферного повітря чадним газом (CO), що спричинений інтенсивним рухом транспорту на прикладі об'їзної дороги одного з найбільших промислових міст України. У дослідженні було використано комплекс польових вимірювань та математичне моделювання, що дозволило виявити перевищення гранично допустимих концентрацій CO у пікові години навантаження. Автори підкреслили, що навіть на периферійних ділянках транспортна активність суттєво впливає на якість повітря, що створює потенційні екологічні та санітарно-гігієнічні ризики для прилеглих територій. Робота є важливим внеском у дослідження локального впливу транспорту на довкілля та підкреслює необхідність запровадження заходів з контролю викидів [18].

Л. М. Шевчук, у свою чергу, зробила значний внесок у створення методологічної бази для оцінки сумарного впливу автотранспортних викидів, включаючи не лише газоподібні забруднювачі, а й тверді частинки, шум і вібрації. Її підхід є комплексним: вона розробила математичні моделі прогнозування екологічного стану на основі трафікових даних, метеоумов та типів пального, що використовується у регіоні [35, с.127-136].

У міжнародному контексті варто виділити наукові праці таких дослідників, як М. J. Nieuwenhuijsen з Іспанії, який є одним із провідних європейських фахівців у галузі дослідження впливу міського середовища на

здоров'я. У його роботах аналізується вплив автотранспортного забруднення на рівень смертності та поширеність хронічних захворювань у мегаполісах Європи. Зокрема, Nieuwenhuijsen доводить, що перехід до велоінфраструктури, громадського транспорту та зменшення використання приватних авто є не лише екологічно доцільним, а й вигідним з погляду охорони громадського здоров'я. У межах проєктів «Urban and Transport Planning pathways to Improve Public Health» (UTORPIA) та «PHENOTYPE» він також досліджував зв'язок між міським плануванням і психічним здоров'ям [31].

R. Beelen з Нідерландів проводив дослідження, присвячені довготривалому впливу забруднення повітря на смертність у Європі. Він став одним із ініціаторів масштабного європейського проєкту ESCAPE (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects), у межах якого було зібрано дані з понад 20 країн щодо концентрації шкідливих речовин поблизу житлових будинків. Beelen виявив, що навіть незначне підвищення рівня PM_{2.5} та NO₂ збільшує ризик серцево-судинних і онкологічних захворювань. Його дослідження стали основою для перегляду норм допустимих концентрацій забруднювачів у ЄС [32].

Американський дослідник А. Karner спеціалізується на аналізі просторового розподілу автотранспортного забруднення у межах міських районів США. У своїх роботах він доводить, що рівень впливу шкідливих викидів значною мірою залежить від віддаленості житла від основних транспортних артерій, а також від типу забудови. Karner виступає за інтеграцію екологічних даних у систему міського планування, що дозволяє заздалегідь враховувати екологічні ризики при забудові нових мікрорайонів. Його підхід є надзвичайно актуальним для великих урбанізованих територій, таких як Лос-Анджелес чи Нью-Йорк [8].

Загалом, роботи вітчизняних і закордонних вчених підкреслюють важливість інтегрованого підходу до вирішення проблеми автотранспортного забруднення. Вони підтверджують необхідність поєднання технологічних,

соціальних та інфраструктурних рішень для мінімізації його впливу на довкілля та здоров'я населення.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ АВТОТРАНСПОРТОМ

2.1. Методичні підходи до оцінювання якості атмосферного повітря

Оцінювання якості атмосферного повітря є складною науково-технічною задачею, що вимагає застосування багаторівневого підходу з використанням різноманітних методів та інструментів. Існує кілька основних напрямів оцінки забруднення атмосферного повітря: інструментальні методи, розрахункові (моделювання), а також комбіновані підходи, які враховують як емпіричні дані, так і математичне моделювання.

Інструментальні методи полягають у безпосередньому вимірюванні концентрацій забруднюючих речовин у повітрі за допомогою спеціалізованих приладів. Такі вимірювання здійснюються на стаціонарних постах спостереження, мобільних лабораторіях або автоматизованих системах моніторингу. У більшості випадків вимірюються концентрації таких ключових речовин, як оксид вуглецю (CO), діоксид азоту (NO₂), діоксид сірки (SO₂), озон (O₃), тверді частинки PM_{2.5} та PM₁₀, а також аміак, бензол та формальдегід.

Значною перевагою інструментальних методів є точність результатів та можливість відстеження динаміки змін у режимі реального часу. Водночас ці методи мають обмежене просторове покриття, адже потребують значних фінансових витрат на встановлення та обслуговування приладів, що особливо актуально для країн із перехідною економікою, таких як Україна [4].

Розрахункові методи базуються на моделюванні процесів розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері. Одним із найпоширеніших підходів є дисперсійне моделювання, яке враховує джерело викидів, метеорологічні умови (температуру, вологість, напрямок і швидкість вітру), рельєф місцевості, а також хімічні перетворення речовин у повітрі. У світовій практиці застосовуються такі моделі, як AERMOD (США), CALPUFF,

ADMS (Велика Британія), які дозволяють оцінити концентрації забруднень у різних точках міста, навіть за відсутності постів моніторингу.

В Україні часто використовуються національні стандартизовані методики, розроблені відповідно до ДСТУ, а також методичні рекомендації, зокрема Методика визначення забруднення атмосферного повітря викидами від пересувних джерел, затверджена Міністерством охорони навколишнього природного середовища. Розрахунок здійснюється за обсягами викидів, типом пального, технічними характеристиками транспортних засобів та інтенсивністю руху. Такий підхід є особливо актуальним у містах, де відсутні постійні станції спостереження за якістю повітря [10].

Комбіновані методи поєднують інструментальні вимірювання з моделюванням для отримання більш достовірної картини. Наприклад, результати розрахункових моделей можуть коригуватись за допомогою даних, отриманих з реальних вимірювань. Крім того, останнім часом набуває популярності використання супутникових даних (наприклад, від місії Sentinel-5P), що дозволяє отримувати оцінки концентрацій NO_2 , CO та інших забруднювачів на великій території з відносно високою роздільною здатністю.

Одним із основних елементів, що визначають оцінку якості повітря, є гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин, які встановлюються як міжнародними організаціями, так і національним законодавством. ГДК є важливим нормативним інструментом для контролю рівня забруднення атмосферного повітря, і вони вказують на максимально допустимі рівні концентрацій різних забруднювачів, що не повинні перевищуватися для забезпечення безпеки здоров'я людини та екологічної стійкості. ГДК для основних забруднювальних речовин встановлюються для різних типів вимірювань - середньодобових, середньорічних, а також для одноразових вимірів. Зазначені нормативи охоплюють різні забруднюючі речовини, серед яких оксид вуглецю (CO), діоксид азоту (NO_2), сірчистий газ (SO_2), формальдегід та інші.

В Україні також розроблено національні нормативи, що визначають допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосфері на основі стандартів, що діяли на певний момент. Це дозволяє оперативно оцінювати рівень забруднення повітря на національному та місцевому рівнях, а також приймати необхідні заходи для забезпечення чистоти повітря та безпеки населення [27].

Одним із основних інструментів, який дозволяє здійснювати швидку оцінку рівня забруднення повітря, є індекс якості повітря (AQI, Air Quality Index). Цей індекс розраховується за шкалою від 0 до 500 балів, де значення вище 150 свідчать про значну небезпеку для вразливих груп населення, таких як діти, літні люди та особи з хронічними захворюваннями. Індекс якості повітря дозволяє зручно і зрозуміло для широкої аудиторії оцінити рівень забруднення, а також забезпечує своєчасне реагування на погіршення ситуації. За допомогою такого індексу можна отримати інформацію про поточний стан повітря в реальному часі, що дозволяє вжити заходів щодо захисту здоров'я населення та зниження ризиків.

Ще одним важливим інструментом для оцінки забруднення атмосфери є індекс забруднення атмосфери (ІЗА), який є обчислювальним показником, що враховує рівні концентрацій кількох основних забруднювачів. ІЗА є важливим для визначення загальної ситуації щодо забруднення в конкретному регіоні або місті та застосовується для рейтингування міст за рівнем забруднення повітря. У цьому контексті можна звернути увагу на найбільш забруднені міста України за даними Центру громадського здоров'я України, до яких входять Маріуполь, Кривий Ріг, Дніпро, Запоріжжя та Київ. Вищий рівень забруднення цих міст зумовлений не лише інтенсивним промисловим виробництвом, а й високою концентрацією автотранспорту [21].

У світовій практиці та в європейському регулюванні одним із найавторитетніших джерел для оцінки викидів забруднюючих речовин є методичні рекомендації, що містяться в *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*. Цей посібник надає стандартизовані методики для обліку викидів від різних секторів економіки, зокрема від транспорту. У ньому

детально описані підходи до оцінювання викидів як для легкових автомобілів, так і для вантажних транспортних засобів, автобусів і мотоциклів, з урахуванням стандартів Євро, типу пального, технології управління та інших факторів, які впливають на рівень викидів. Ці методики дозволяють отримати точну інформацію про екологічний вплив транспорту на атмосферу, що є важливим елементом для ефективного планування та впровадження заходів щодо скорочення забруднення повітря [22].

З точки зору нормативного забезпечення, в Україні і на міжнародному рівні існують різноманітні методики, рекомендовані Європейським агентством з довкілля (ЄЕА). Одним із прикладів є *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*, що є основним джерелом для визначення викидів забруднюючих речовин у Європі. Крім того, для обліку викидів та визначення якості повітря в Україні використовуються національні стандарти, зокрема *ДСТУ 4117-2002* та *ДСТУ ISO 4225:2001*, які також регулюють вимоги до викидів, визначення рівнів забруднення та проведення екологічних досліджень. Ці стандарти забезпечують єдину методологію для оцінки екологічних показників, що дозволяє як на національному, так і на міжнародному рівні здійснювати моніторинг та контроль якості повітря (табл 2.1).

Таблиця 2.1. - Приклади основних методик і підходів до оцінки якості повітря

Методика/Стандарт	Тип	Характеристика
EMEP/EEA Guidebook	Розрахунковий	Європейський стандарт, інвентаризація викидів
ДСТУ 4117-2002	Інструментальний	Визначення концентрацій забруднюючих речовин
AERMOD	Моделювання	Дисперсійна модель, поширена в США
AQI	Індекс	Інтегральна оцінка якості повітря

В Україні для оцінювання якості повітря використовуються як національні методики, розроблені відповідно до стандартів державного екологічного контролю, так і адаптовані міжнародні методи, які дозволяють отримувати більш точну інформацію про рівень забруднення та визначати необхідність вжиття заходів щодо його зниження. Для оцінки атмосферного

забруднення застосовуються різноманітні підходи в залежності від характеристик місцевості, джерел забруднення та специфічних екологічних умов кожного регіону.

У столиці України, Києві, активно використовуються математичні моделі, такі як CALINE4 та AERMOD. Ці моделі є частиною системи комп'ютерного моделювання, що дозволяє прогнозувати розподіл забруднюючих речовин в атмосфері на основі різних факторів, таких як інтенсивність транспортного руху, розташування джерел викидів, географічні та метеорологічні умови. CALINE4 є моделлю для оцінки впливу автотранспортних викидів на якість повітря в міських зонах. Вона дозволяє визначати концентрацію забруднюючих речовин, таких як оксид вуглецю (CO) та діоксид азоту (NO₂), на основі параметрів дорожнього руху та метеорологічних даних. Модель AERMOD використовується для прогнозування поширення забруднень, що виникають через різні джерела, у тому числі промислові підприємства, котрі можуть мати значний вплив на атмосферу. Вона дозволяє більш детально враховувати такі фактори, як рельєф місцевості, висоту викидів та інші характеристики, що суттєво покращує точність оцінки.

У Харкові, одному з найбільших промислових центрів України, для моніторингу якості повітря активно використовуються стаціонарні пости, встановлені Державним гідрометеорологічним центром України. Ці пости займаються вимірюванням концентрацій основних забруднюючих речовин, таких як пил, оксид вуглецю, діоксид азоту, сірчистий газ, озон та інші. Пости в Харкові забезпечують безперервний моніторинг якості повітря, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в рівнях забруднення. Завдяки використанню таких стаціонарних постів збирається дані в режимі реального часу, що дозволяє здійснювати регулярні аналізи стану повітря в місті та вчасно інформувати громадськість та місцеві органи влади про наявні екологічні загрози [1].

Застосування цих методик дозволяє забезпечити не тільки оперативний моніторинг стану атмосфери, а й формувати основу для розробки та реалізації

екологічних стратегій і заходів для поліпшення якості повітря в містах. Водночас, використання міжнародних методик, таких як CALINE4 та AERMOD, дає змогу Україні порівнювати свої дані з європейськими та світовими стандартами, що забезпечує більшу прозорість у вимірюванні рівня забруднення та дозволяє виконувати ефективний контроль за викидами забруднювальних речовин.

2.2. Огляд інформаційних систем та інструментів моніторингу повітря в Україні

Оцінка якості атмосферного повітря є важливою складовою екологічного моніторингу, що дозволяє виявляти джерела забруднення, оцінювати ступінь впливу на довкілля та здоров'я людини, а також приймати обґрунтовані управлінські рішення у сфері охорони навколишнього середовища. У контексті зростаючої ролі автотранспорту як одного з основних забруднювачів повітря в міських агломераціях, питання вибору методів та засобів оцінювання якості повітря набуває особливої актуальності.

В Україні існує низка різноманітних інформаційних систем та інструментів, спрямованих на моніторинг якості атмосферного повітря, що дозволяють здійснювати постійний контроль за рівнем забруднення та оперативно реагувати на зміни в екологічній ситуації. Ці системи, що охоплюють як державні, так і громадські ініціативи, забезпечують доступ до важливої інформації про стан довкілля, що є необхідним для розробки ефективних заходів щодо покращення екологічної ситуації [21].

Одна з основних систем, яка функціонує на державному рівні, це Єдина державна система моніторингу довкілля. Це офіційна система, що виконує важливу роль у зборі, обробці та аналізі екологічної інформації. Вона дозволяє проводити комплексний моніторинг стану довкілля на території всієї України, зокрема за такими параметрами, як якість атмосферного повітря, рівень

забруднення води та ґрунтів, а також інші екологічні показники. За допомогою цієї системи державні органи отримують актуальну інформацію, що є основою для прийняття рішень у сфері охорони довкілля та запобігання екологічним катастрофам.

Окрім державних ініціатив, важливу роль у моніторингу якості повітря відіграють й громадські ініціативи, серед яких особливе місце займає проєкт EcoCity. Ця ініціатива передбачає встановлення сенсорів для вимірювання якості повітря у різних регіонах України. Сенсори, які встановлюються в рамках цього проєкту, дозволяють збирати точні дані про концентрацію забруднюючих речовин, таких як оксид вуглецю, діоксид азоту, пил та інші шкідливі компоненти. Завдяки цьому громадськість отримує доступ до актуальної інформації про рівень забруднення, що дозволяє кожному громадянину зробити більш обґрунтований вибір у питанні екологічної безпеки свого оточення.

Також варто відзначити платформу SaveEcoBot, яка є важливим інструментом для агрегування даних про забруднення повітря з різних джерел. Ця платформа збирає інформацію з численних датчиків та сенсорів, які розташовані в різних частинах країни, і надає її у доступному вигляді для широкої аудиторії. SaveEcoBot дозволяє користувачам в реальному часі слідкувати за змінами в рівні забруднення, що дає можливість оперативно реагувати на погіршення якості повітря, зокрема через мобільні додатки та онлайн-сервіси. Водночас ця платформа виконує важливу роль в популяризації екологічних проблем серед громадян та підвищенні рівня обізнаності про загрози для здоров'я, пов'язані із забрудненням повітря [2].

Ще однією важливою ініціативою є проєкт "Чисте повітря для України", який поєднує дослідження, аналіз екологічних даних та просвітницьку діяльність. Цей проєкт спрямований на покращення якості повітря в Україні через комплексний підхід до вирішення проблеми забруднення атмосфери. Він включає наукові дослідження, аналіз факторів забруднення та розробку рекомендацій щодо їх зниження, а також організовує просвітницькі кампанії,

що мають на меті підвищити обізнаність серед населення щодо важливості захисту навколишнього середовища. Завдяки цьому проєкту українці можуть дізнатися про основні джерела забруднення, методи боротьби з ними, а також про те, як зменшити своє особисте вплив на якість повітря.

Усі ці інструменти і системи відіграють важливу роль у моніторингу якості повітря в Україні, допомагаючи як державним органам, так і громадським ініціативам збирати необхідні дані, приймати обґрунтовані рішення і надавати населенню доступ до інформації, яка є необхідною для захисту здоров'я та покращення екологічної ситуації в країні (табл. 2.2) [14].

Таблиця 2.2 - Характеристика основних систем моніторингу

Система	Джерело даних	Типи сенсорів	Покриття
EcoCity	Громадські	PM2.5, PM10	Більшість обласних центрів
SaveEcoBot	Комбіноване	NO ₂ , CO, PM	Вся територія України
Держгідромет	Офіційне	ГПК, пил, SO ₂ , NO _x	53 стаціонарні пости

В оцінюванні забруднення атмосферного повітря, яке спричиняється автотранспортом, застосовуються два основні підходи - інструментальний (або емпіричний) та аналітико-розрахунковий, що ґрунтується на математичному моделюванні. Кожен із цих методів має свої особливості, переваги та обмеження, а тому їх часто використовують у поєднанні для отримання максимально повної та об'єктивної картини стану повітряного середовища в межах урбанізованих територій [33].

Інструментальний підхід передбачає безпосереднє вимірювання концентрацій шкідливих домішок у повітрі з використанням спеціалізованого обладнання, зокрема газоаналізаторів, пиломірів, хімічних сенсорів та інших сертифікованих приладів. Цей метод дозволяє отримати високоточні дані про вміст таких забруднюючих речовин, як оксиди азоту (NO, NO₂, NO_x), діоксид сірки (SO₂), чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO₂), озон (O₃), тверді частинки різного діаметру (PM10 та PM2.5), а також леткі органічні сполуки (ЛОС). Інструментальні вимірювання здійснюються за допомогою як стаціонарних пунктів моніторингу (наприклад, станцій, що належать Гідрометеорологічній

службі), так і мобільних лабораторій, які можуть переміщуватись і оперативно реагувати на зміну екологічної ситуації у різних районах міста. Зібрані таким чином дані проходять процедури валідації, обробки та аналізу, що дає змогу виявляти закономірності, оцінювати ступінь забруднення, а також контролювати дотримання гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

Однак інструментальні методи мають і певні недоліки, зокрема високу вартість облаштування та обслуговування постів контролю, а також необхідність залучення кваліфікованого персоналу. До того ж такі пункти охоплюють обмежену територію, що не завжди дозволяє оцінити ситуацію у всьому місті чи регіоні. Саме тому інструментальні дані часто доповнюються або перевіряються за допомогою математичних моделей.

Другий підхід - аналітико-розрахунковий - ґрунтується на використанні спеціалізованих моделей дисперсії забруднюючих речовин у атмосферному повітрі. Такий підхід дозволяє на основі відомостей про джерела викидів, метеорологічні умови, тип рельєфу, забудову території та інші чинники розраховувати розподіл концентрацій шкідливих речовин у просторі та прогнозувати їх зміну з часом. Це особливо корисно у випадках, коли відсутні або недостатні інструментальні дані, або коли потрібно здійснити екологічну експертизу майбутніх проектів та оцінити потенційні наслідки (таб. 2.3) [34,с.18-25].

Таблиця 2.3 - Порівняння підходів до оцінювання забруднення атмосферного повітря

Підхід	Переваги	Недоліки
Інструментальний	Висока точність, безпосередні дані	Висока вартість обладнання, обмежене покриття
Розрахунковий (моделі)	Широке охоплення, можливість прогнозування	Залежність від якості вхідних параметрів

У Європі та США поширеними є моделі дисперсійного типу, серед яких варто відзначити AERMOD - модель, яку активно використовує Агентство з

охорони довкілля США (EPA), а також CALPUFF, що дозволяє моделювати довготривалі ефекти забруднення у складних топографічних умовах. Ще однією поширеною моделлю є ADMS-Urban, спеціально адаптована для застосування в межах міської забудови. Окрім того, широко застосовується COPERT (Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport) - комп'ютерна програма, рекомендована Європейським екологічним агентством (EEA), яка використовується для оцінювання кількості викидів автотранспорту. Для складного тривимірного моделювання забруднення у містах використовується система UAM-V (Urban Airshed Model), яка враховує широкий спектр метеорологічних та хімічних процесів, що впливають на якість повітря [34,17].

В Україні аналітико-розрахункові методи оцінювання забруднення повітря також знайшли застосування й регламентуються низкою державних стандартів. Зокрема, варто згадати ДСТУ 3587-97 «Охорона природи. Атмосфера. Правила контролю», який визначає основні підходи до організації спостережень за станом повітряного середовища. Крім того, застосовується ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 - нормативний документ, що містить методику визначення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферу[9].

Оцінка якості повітря здійснюється за встановленими нормативами. Найпоширенішим критерієм є гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин, які визначаються для середньодобових, разових та максимально разових рівнів. У таблиці подано приклади таких нормативів (таб 2.4.):

Таблиця 2.4 - Критерії гранично допустимі концентрації (ГДК)

Забруднювач	ГДК (середньодобова), мг/м ³
PM2.5	0.025
PM10	0.050
CO	3.0
NO ₂	0.040
SO ₂	0.050

Окрім інструментальних та аналітико-розрахункових методів оцінювання якості повітря, широко використовується також індекс якості повітря - AQI (Air Quality Index), який дозволяє у зручній формі класифікувати рівень забруднення атмосфери та оперативно інформувати населення про можливу загрозу для здоров'я. Цей індекс є універсальним інструментом, що використовується в багатьох країнах світу та базується на аналізі концентрацій основних шкідливих речовин у повітрі, зокрема озону, діоксиду сірки, оксидів азоту, чадного газу та дрібнодисперсних твердих частинок PM10 і PM2.5.

Шкала AQI має діапазон від 0 до 500 одиниць, де нижчі значення свідчать про чисте повітря, а вищі - про значний рівень забруднення. Наприклад, значення від 0 до 50 вказує на добру якість повітря, яка є безпечною для всіх категорій населення. У межах від 51 до 100 повітря вважається прийнятним, хоча для деяких чутливих людей можливе незначне подразнення. Рівень від 101 до 150 вже класифікується як потенційно шкідливий для чутливих груп населення - дітей, людей похилого віку та осіб із хронічними захворюваннями. Значення від 151 до 200 означає шкідливість для здоров'я навіть здорових людей, а перевищення позначки 200 вважається небезпечним і потребує негайних заходів для зниження впливу на населення.

В українському контексті, окрім міжнародного індексу AQI, застосовується також власний національний показник - індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Це композитний індикатор, який розраховується з урахуванням концентрацій шести ключових забруднюючих речовин у повітрі. ІЗА дозволяє оцінити загальний рівень екологічного навантаження на атмосферне повітря в певному населеному пункті чи регіоні. Його значення використовуються для аналітики, складання екологічних рейтингів міст та формування державної політики у сфері охорони довкілля [19].

У сучасних умовах Україна поступово адаптує свої методики оцінювання якості атмосферного повітря до європейських екологічних стандартів, прагнучи інтегруватися в загальну систему моніторингу навколишнього середовища. Особливо активні ці процеси у великих містах, таких як Київ, Харків, Дніпро,

Львів та Одеса, де спостерігається значне транспортне навантаження та високий рівень урбанізації, що, у свою чергу, створює актуальну потребу в точному та систематичному моніторингу стану повітря.

У практичній площині для оцінки рівня забруднення повітря в Україні застосовується як державна система інструментального контролю, так і результати діяльності громадських ініціатив. З боку держави основними джерелами даних залишаються стаціонарні пункти моніторингу, які функціонують у межах Державної гідрометеорологічної служби. Ці пункти регулярно фіксують концентрації основних забруднювальних речовин, таких як тверді частинки, оксиди азоту, діоксид сірки та інші сполуки, які мають вплив на стан здоров'я населення та навколишнє середовище. Дані, отримані в такий спосіб, проходять перевірку та обробку відповідно до чинних методичних документів і надаються для подальшого аналізу відповідним державним установам.

Паралельно з офіційними структурами в Україні активно розвиваються громадські платформи та ініціативи, які також здійснюють спостереження за якістю повітря. Зокрема, проекти EcoCity та SaveEcoBot набули широкого поширення серед населення. Вони базуються на встановленні недорогих, але досить точних сенсорів, які в режимі реального часу фіксують концентрацію шкідливих речовин і передають ці дані у відкритий доступ через мобільні додатки та вебсайти. Це сприяє підвищенню екологічної обізнаності громадян і дозволяє швидко реагувати на погіршення екологічної ситуації в конкретному районі.

У 2020–2023 роках в українських містах, таких як Київ та Львів, було реалізовано ряд проєктів з використанням розрахункових моделей для прогнозування рівнів дрібнодисперсних частинок PM_{2.5}. Зокрема, ці дослідження здійснювалися з використанням потужного європейського інструменту - Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS), який є частиною супутникової програми Європейського Союзу Copernicus. CAMS дозволяє моделювати атмосферні процеси та оцінювати рівень забруднення на

основі супутникових даних і наземних спостережень. Отримані результати було доповнено мобільними вимірюваннями, проведеними відповідно до стандартів Європейської мережі моніторингу атмосфери (EMEP) та Європейського агентства з навколишнього середовища (EEA), що забезпечило високу достовірність та відповідність міжнародним вимогам.

У контексті гармонізації українського законодавства та екологічної практики з європейськими нормами важливим є також використання міжнародних методичних документів. Одним з основних є керівництво EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, яке щорічно оновлюється Європейським агентством з навколишнього середовища. Цей довідник містить докладні методології розрахунку викидів атмосферних забруднювачів з урахуванням усіх основних секторів - включно з транспортом, промисловістю, побутом та сільським господарством. Він слугує базою для звітності країн-членів ЄС у рамках виконання положень Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані (CLRTAP), до якої Україна також приєдналася. Саме на основі цього документа в Україні розробляються відповідні державні стандарти, зокрема ДСТУ з методикою визначення обсягів викидів в атмосферу, що регламентують розрахункові процедури та підходи до ведення екологічної статистики.

Україна поступово модернізує систему моніторингу якості повітря, поєднуючи державні механізми, інноваційні громадські ініціативи та міжнародні підходи. Це сприяє підвищенню точності оцінок, ефективності реагування на забруднення та вдосконаленню екологічної політики відповідно до європейських стандартів.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ

3.1. Аналіз статистичних даних про забруднення повітря та кількість автотранспорту в регіонах України

Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря в урбанізованих територіях є одним із ключових завдань державної екологічної політики. Стан повітряного середовища безпосередньо впливає на здоров'я населення, екологічну ситуацію в регіоні, туристичну привабливість міста, а також на розвиток урбаністичних процесів у цілому. З огляду на високий рівень автомобілізації, концентрацію промислових підприємств та щільність забудови, саме великі та середні міста є осередками найбільшого забруднення атмосферного повітря.

З метою комплексної оцінки якості повітря було проаналізовано дані щодо вмісту шести основних забруднюючих речовин у повітрі 16 міст України: завислих речовин (пилу), діоксиду сірки (SO_2), оксиду вуглецю (CO), діоксиду азоту (NO_2), фтористого водню (HF) та формальдегіду (HCHO). Представлена таблиця відображає середньорічні концентрації вказаних речовин (у мг/м^3), зафіксовані на постах спостереження (Додаток А).

Аналіз отриманих даних дозволяє визначити найбільш проблемні зони, зіставити рівень забруднення у різних містах, а також виокремити основні фактори, які впливають на формування повітряного середовища. Зокрема, у багатьох містах спостерігається підвищений рівень оксиду вуглецю та діоксиду азоту, що може свідчити про суттєвий вплив автотранспорту. Водночас у промислово розвинених містах, таких як Кривий Ріг чи Кам'янське, спостерігаються високі концентрації завислих речовин та діоксиду сірки - наслідок роботи металургійних та хімічних підприємств (табл. 3.1.)[28].

Таблиця 3.1 - Середньорічні концентрації основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міст України, мг/м³

Місто	Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фтористий водень	Формальдегід
Вінниця	0.000	0.000	0.500	0.110	0.018	0.000
Кам'янське	0.320	0.008	3.000	0.180	0.006	0.012
Київ	0.160	0.072	1.000	0.120	0.006	0.007
Кременчук	0.290	0.005	0.300	0.020	0.006	0.003
Кривий Ріг	0.400	0.026	1.000	0.030	0.006	0.012
Кропивницький	0.200	0.023	1.000	0.020	0.006	0.003
Луцьк	0.100	0.004	0.000	0.030	0.006	0.010
Львів	0.240	0.011	4.400	0.100	0.004	0.004
Миколаїв	0.100	0.016	1.000	0.020	0.006	0.011
Одеса	0.100	0.011	1.000	0.030	0.006	0.011
Полтава	0.200	0.000	4.000	0.080	0.003	0.000
Рівне	0.189	0.005	0.960	0.000	0.000	0.070
Світловодськ	0.189	0.000	1.344	0.020	0.006	0.001
Суми	0.400	0.056	1.000	0.050	0.006	0.010
Харків	0.030	0.017	0.800	0.030	0.006	0.002
Херсон	0.100	0.000	0.200	0.056	0.006	0.010

У результаті проведеного аналізу рівнів забруднення атмосферного повітря у різних містах України було виявлено, що найвищий рівень оксиду вуглецю (CO) спостерігається у Львові (4.4 мг/м³), Полтаві (4.0 мг/м³) та Кам'янському (3.0 мг/м³). Щодо діоксиду азоту (NO₂), то найвищі концентрації зафіксовані у Кам'янському (0.18 мг/м³), Києві (0.12 мг/м³) та Львові (0.1 мг/м³). Також було виявлено підвищений рівень формальдегіду (більше 0.01 мг/м³) у таких містах, як Кам'янське, Кривий Ріг, Миколаїв, Одеса та Рівне. Найвищі концентрації завислих речовин спостерігаються у Кривому Розі та Сумах (по 0.4 мг/м³), а найменші рівні зафіксовано в Харкові (0.03 мг/м³), Луцьку та Миколаєві (по 0.1 мг/м³). Варто зазначити, що оксид вуглецю (CO), діоксид азоту (NO₂) і частково завислі речовини (пил PM) є найбільш пов'язаними з діяльністю автотранспорту, що підтверджує їх високу концентрацію у великих містах з інтенсивним рухом транспорту (табл. 3.2.).

Таблиця 3.2 - Середньорічні концентрації автотранспортних забруднювачів в атмосферному повітрі міст України, мг/м³

Місто	Завислі речовини	Оксид вуглецю (CO)	Діоксид азоту (NO ₂)
Вінниця	0.000	0.500	0.110
Кам'янське	0.320	3.000	0.180
Київ	0.160	1.000	0.120
Кременчук	0.290	0.300	0.020
Кривий Ріг	0.400	1.000	0.030
Кропивницький	0.200	1.000	0.020
Луцьк	0.100	0.000	0.030
Львів	0.240	4.400	0.100
Миколаїв	0.100	1.000	0.020
Одеса	0.100	1.000	0.030
Полтава	0.200	4.000	0.080
Рівне	0.189	0.960	0.000
Світловодськ	0.189	1.344	0.020
Суми	0.400	1.000	0.050
Харків	0.030	0.800	0.030
Херсон	0.100	0.200	0.056

Згідно з даними Таблиці 3.2, буде побудовано діаграму (рис. 3.1), яка відображає середньорічні концентрації завислих речовин (пилу) в атмосферному повітрі різних міст України.

Ця діаграма дозволить візуально порівняти рівень забруднення повітря пиловими частинками, які є одними з основних продуктів впливу автотранспорту, зокрема внаслідок зносу шин, гальмівних

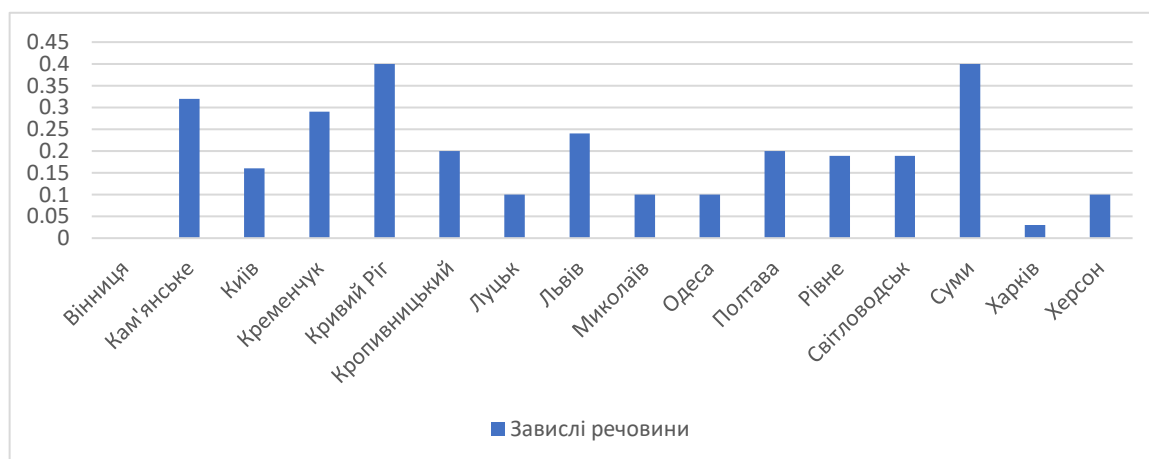


Рис. 3.1 - Середньорічні концентрації завислих речовин

На основі наведених у таблиці даних про середньорічні концентрації завислих речовин у повітрі міст України можна зробити загальний аналітичний висновок щодо рівня забруднення атмосферного повітря автотранспортом. Завислі речовини, до яких належать, зокрема, пилові частки, є одними з основних забруднювачів повітря, і значна частка їх утворення пов'язана саме з діяльністю автотранспорту. Це зокрема стосується зносу шин і гальм, викидів з вихлопної системи, а також підняття пилу з дорожнього покриття. Концентрація таких речовин у повітрі істотно залежить від інтенсивності транспортного потоку, стану дорожньої інфраструктури, кліматичних умов та рівня озеленення територій.

Найвищі показники концентрації завислих речовин спостерігаються у Кривому Розі та Сумах -по 0.400 мг/м^3 . Це може свідчити як про велику кількість автомобільного транспорту, так і про поєднання транспортного фактору з промисловим забрудненням та недостатньою кількістю зелених зон, які могли б знижувати рівень пилу. Дещо нижчі, але також підвищені значення спостерігаються в Кам'янському (0.320 мг/м^3) та Кременчуці (0.290 мг/м^3), що дає підстави вважати ці міста також уразливими до пилового забруднення, зокрема через транспорт.

До групи міст із середнім рівнем завислих речовин належать Львів (0.240 мг/м^3), Київ (0.160 мг/м^3), Рівне та Світловодськ (по 0.189 мг/м^3), а також Кропивницький і Полтава (по 0.200 мг/м^3). У цих містах, ймовірно, існує певний вплив транспорту на якість повітря, однак він може бути частково компенсований більш ефективними заходами контролю забруднення або меншою щільністю автомобільного руху.

Найменші значення концентрацій завислих речовин зафіксовані у Вінниці (0.000 мг/м^3), що може свідчити як про справді чисте повітря, так і про можливу відсутність або обмеження в проведенні вимірювань. Помітно нижчі за середні показники також спостерігаються у Харкові (0.030 мг/м^3), а також у Луцьку, Миколаєві, Одесі та Херсоні -на рівні 0.100 мг/м^3 . Такі результати свідчать про невисоке навантаження на атмосферне повітря з боку автотранспорту або

наявність інших сприятливих факторів, які сприяють очищенню повітря - наприклад, природно-вигідне географічне розташування або достатнє озеленення міського простору.

Тепер, після аналізу рівнів завислих речовин, перейдемо до побудови діаграми за показниками оксиду вуглецю (CO). Ця речовина є одним із найпоширеніших продуктів неповного згоряння пального в двигунах внутрішнього згоряння, тому її концентрація в атмосферному повітрі міст безпосередньо пов'язана з інтенсивністю автомобільного руху. Аналіз середньорічних концентрацій оксиду вуглецю дозволить оцінити ступінь впливу автотранспорту на якість повітря в різних регіонах України та визначити міста з найбільшою транспортною загрозою для довкілля.

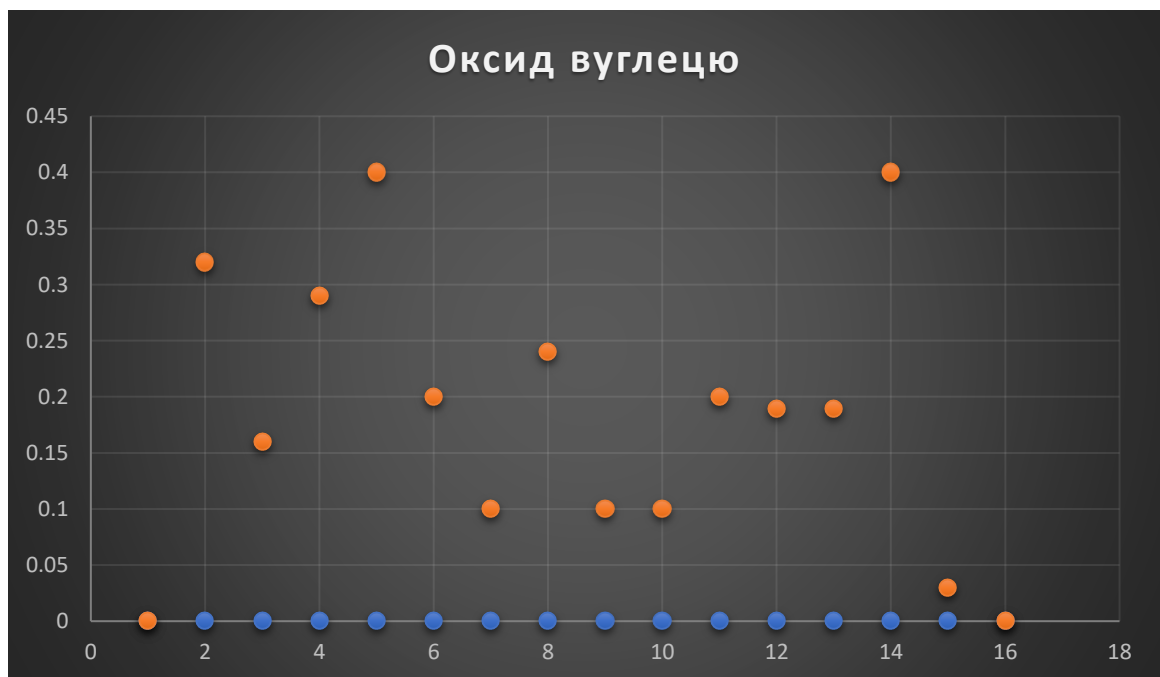


Рис. 3. 2 - Середньорічна концентрація оксиду вуглецю (CO) в атмосферному повітрі міст України, мг/м³

Оксид вуглецю є типовим продуктом неповного згоряння пального в двигунах внутрішнього згоряння і є одним із головних показників транспортного забруднення. Його підвищена концентрація в повітрі може негативно впливати на здоров'я населення, зокрема на функціонування серцево-судинної та дихальної систем.

Згідно з таблицею, найвищі концентрації оксиду вуглецю зафіксовані у Львові (4.400 мг/м³) та Полтаві (4.000 мг/м³), що свідчить про значне навантаження автомобільного транспорту в цих містах. Такий високий рівень може бути наслідком великої кількості машин у поєднанні з інтенсивним дорожнім рухом у центральних частинах міста або недостатнім контролем за викидами від транспорту.

Кам'янське також показує високий рівень CO -3.000 мг/м³, що свідчить про серйозне антропогенне навантаження, імовірно не лише транспортного, а й частково промислового походження. Водночас Світловодськ (1.344 мг/м³), Київ, Кривий Ріг, Кропивницький, Миколаїв, Одеса, Суми (усі по 1.000 мг/м³) демонструють помірно високі значення, які можуть бути ознакою активного автотрафіку та щільної міської забудови.

Рівень оксиду вуглецю близький до середнього зафіксовано у Рівному (0.960 мг/м³) та Харкові (0.800 мг/м³), що свідчить про певний контроль за екологічною ситуацією або зниження об'ємів дорожнього трафіку.

Найнижчі показники CO спостерігаються в Кременчуці (0.300 мг/м³), Херсоні (0.200 мг/м³), та особливо в Луцьку (0.000 мг/м³), що, з одного боку, може свідчити про справді незначне транспортне забруднення, а з іншого -про відсутність або обмеженість вимірювань.

Отже, концентрація оксиду вуглецю є важливим маркером рівня автомобільного забруднення, а її аналіз дозволяє ідентифікувати міста з найбільшою потребою у впровадженні заходів для зниження викидів, таких як розвиток електротранспорту, обмеження в'їзду автотранспорту в центральні райони та озеленення міських просторів.

Тепер перейдемо до характеристики ще одного важливого показника забруднення атмосферного повітря -діоксиду азоту (NO₂). Ця сполука є шкідливим газом, який утворюється переважно в результаті згоряння пального в двигунах внутрішнього згоряння. Високі концентрації діоксиду азоту можуть свідчити про значне транспортне навантаження в місті. Для наочного

представлення рівня забруднення повітря цією речовиною побудуємо відповідну діаграму (Рис. 3.3.).

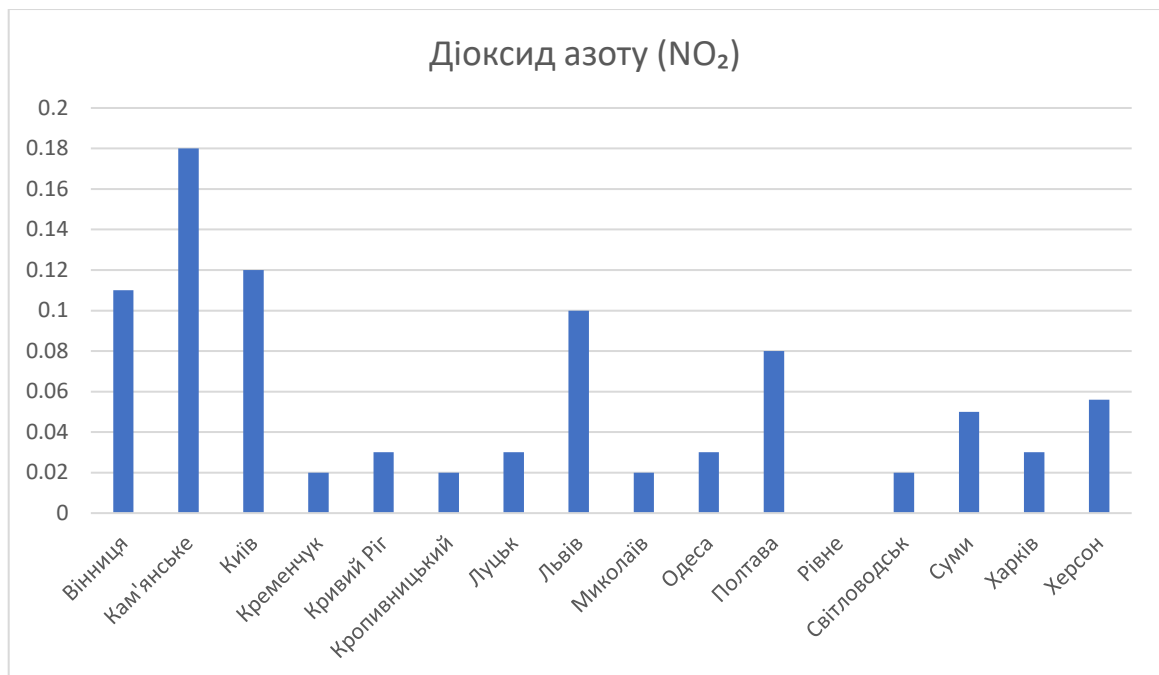


Рис. 3.3 - Показник забруднення атмосферного повітря діоксиду азоту

На основі наведених у таблиці даних про середньорічні концентрації діоксиду азоту (NO₂) в атмосферному повітрі міст України можна зробити низку висновків, що дозволяють оцінити рівень забруднення, спричиненого автотранспортом.

Діоксид азоту є характерним продуктом згоряння пального в двигунах внутрішнього згоряння, особливо дизельних, і тому його концентрація тісно пов'язана з інтенсивністю автомобільного руху. Високий рівень NO₂ зазвичай спостерігається у містах з великим транспортним потоком, заторами, щільною забудовою та недостатнім озелененням.

Найвищі показники зафіксовані у Кам'янському (0,18 мг/м³), Києві (0,12 мг/м³), Вінниці (0,11 мг/м³) та Львові (0,10 мг/м³). Це великі урбанізовані міста з активним рухом автотранспорту, де інтенсивне використання автомобілів суттєво впливає на рівень забруднення повітря. Особливо слід відзначити Кам'янське як місто з найвищим значенням серед усіх представлених -це може

бути пов'язано не лише з транспортом, а й з додатковими джерелами викидів, наприклад, промисловістю, що підсилює загальне навантаження на повітря.

Помірні рівні NO₂ зафіксовано у Полтаві (0,08), Сумах (0,05) та Херсоні (0,056). Ці показники вказують на менший, але все ж помітний вплив транспорту на атмосферу.

Міста з найнижчими значеннями діоксиду азоту -Рівне (0), Кременчук, Кропивницький, Світловодськ, Миколаїв, Одеса, Харків, Луцьк -мають рівень у межах 0,02-0,03 мг/м³, що може свідчити про нижче транспортне навантаження або про ефективніші природні умови розсіювання шкідливих речовин (наприклад, вітрові потоки, зелені насадження).

Забруднення повітря автотранспортом є однією з найгостріших екологічних проблем сучасного суспільства, особливо у великих містах і промислово розвинених регіонах. Автомобілі є джерелом великої кількості шкідливих викидів в атмосферу, серед яких найпоширенішими є оксиди азоту, чадний газ, тверді частинки, леткі органічні сполуки та вуглекислий газ. Усі ці речовини негативно впливають не лише на довкілля, а й на здоров'я людей.

У містах з інтенсивним дорожнім рухом спостерігається постійне погіршення якості повітря. Перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин часто фіксується у густонаселених районах, поблизу магістралей та промислових зон. Така ситуація негативно впливає на стан здоров'я мешканців: зростає кількість захворювань дихальної та серцево-судинної систем, поширюються алергії, фіксуються випадки онкологічних хвороб. Найбільше від цього страждають діти, літні люди та особи з хронічними захворюваннями.

Окрім безпосереднього впливу на здоров'я, забруднення повітря автотранспортом сприяє глобальному потеплінню. Викиди вуглекислого газу, який утворюється в результаті згоряння пального, є головним чинником посилення парникового ефекту. Таким чином, автотранспорт також робить свій внесок у зміну клімату, що має наслідки для всього світу.

Ще одним аспектом проблеми є шумове забруднення, яке супроводжує автомобільний рух. Постійний шум негативно впливає на психологічний стан людей, викликає стрес, дратівливість та безсоння. Особливо це відчутно у великих містах, де щоденний трафік є дуже інтенсивним.

Однією з причин посилення цієї проблеми є застарілий автопарк. У багатьох країнах, зокрема в Україні, велика частина автомобілів не відповідає сучасним екологічним стандартам. Вони споживають більше пального та викидають більше шкідливих речовин у повітря. До того ж, недостатній розвиток громадського транспорту та інфраструктури для велосипедистів і пішоходів змушує людей частіше користуватися особистими автомобілями, що ще більше погіршує ситуацію.

Таким чином, забруднення повітря автотранспортом -це багатогранна проблема, яка потребує системного підходу до її вирішення. Необхідно оновлювати автопарк, впроваджувати екологічно чисті види транспорту, зокрема електромобілі, покращувати якість і доступність громадського транспорту, створювати зручну інфраструктуру для альтернативних способів пересування, а також уживати заходів для посилення екологічного контролю. Лише за умови активної участі держави, місцевих органів влади та свідомої поведінки громадян можна досягти покращення екологічної ситуації у сфері транспорту.

3.2. Пропозиції щодо зниження впливу автотранспорту на якість атмосферного повітря

Зменшення негативного впливу автотранспорту на атмосферне повітря є актуальним завданням для більшості українських міст, особливо в умовах стрімкого зростання кількості автомобілів. Для досягнення сталого екологічного балансу та підвищення якості життя мешканців необхідно вжити цілу низку заходів, які охоплюють різні сфери - транспортну інфраструктуру,

законодавче регулювання, екологічну просвіту, стимулювання інновацій та міжнародну співпрацю.

Передусім необхідно розробити та реалізувати національну стратегію сталого транспорту, яка б визначала пріоритети зниження викидів у транспортному секторі. У межах цієї стратегії доцільно створити державний фонд розвитку екологічного транспорту. Кошти з такого фонду можуть бути спрямовані на модернізацію громадського транспорту, впровадження екологічних маршрутів, розвиток інфраструктури для велосипедистів та пішоходів.

Серед ключових напрямів дій варто виділити активний розвиток екологічно чистих видів транспорту: електромобілів, гібридних авто, велосипедів, електросамокатів. Для цього необхідно розширювати мережу електрзарядних станцій не лише у великих містах, а й на основних міжміських магістралях. Суттєвим стимулом має стати надання податкових пільг або часткової компенсації вартості електромобілів, що вже реалізується у низці європейських країн.

Доцільно впровадити систему екологічного маркування транспортних засобів. Це дозволить регулювати доступ авто до певних міських зон залежно від рівня їхніх викидів. Наприклад, у центральній частині міста або поблизу навчальних і медичних закладів можуть бути дозволені лише авто з мінімальним рівнем забруднення або електромобілі [6].

З метою скорочення транспортного потоку слід стимулювати використання спільних форм пересування: каршеринг, райдшеринг, мікромобільність. Для підвищення ефективності таких сервісів варто інтегрувати їх у єдиний цифровий застосунок, що дозволить громадянам зручно планувати пересування різними видами транспорту.

Важливо також розвивати високоякісний громадський транспорт. Зручні маршрути, оновлений автопарк, дотримання графіків руху та комфортні умови сприятимуть зменшенню використання особистого транспорту, що в свою чергу призведе до зниження рівня забруднення повітря.

Окрему увагу слід приділити освітнім кампаніям, спрямованим на формування екологічної свідомості серед населення. Інформування громадян про шкоду від транспортних викидів для здоров'я, навколишнього середовища і клімату дозволить створити соціальний запит на більш чисті технології.

Посилення контролю за технічним станом транспортних засобів є ще одним ефективним напрямом. Повернення до системи обов'язкового екологічного техогляду із застосуванням сучасного обладнання дозволить виявляти та вилучати з експлуатації надмірно забруднюючі транспортні засоби, особливо серед вантажного транспорту і маршрутних таксі.

У містах слід впроваджувати політику розумного планування простору - створення пішохідних зон, зелених коридорів, обмеження автомобільного руху в центральних районах. Такі рішення мають позитивний ефект як для зниження забруднення, так і для покращення якості життя мешканців.

З міжнародного досвіду варто орієнтуватися на приклади таких міст, як Відень, Копенгаген, Варшава, де реалізуються успішні практики зі зниження автомобільних викидів. Зокрема, у Копенгагені діє розгалужена мережа велосипедних доріжок, у Відні активно розвивається громадський електротранспорт, а Варшава впроваджує зони з низьким рівнем викидів (Low Emission Zones) [18].

В Україні також вже є позитивні приклади впровадження екологічного транспорту - наприклад, створення пілотних екомаршрутів у Києві та Львові, модернізація парків електротранспорту в Дніпрі та Вінниці. Ці кейси мають бути масштабовані і поширені в інші регіони.

Таким чином, лише завдяки комплексному підходу, який включатиме законодавчі ініціативи, технічні інновації, освітні кампанії та міжнародну співпрацю, можна досягти суттєвого зменшення впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря в Україні.

У сучасних умовах урбанізації, одним із найважливіших напрямів розвитку міст є зниження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. Враховуючи сучасні екологічні виклики, транспортні системи

повинні бути оптимізованими для забезпечення ефективного пересування при мінімальному забрудненні навколишнього середовища. Відповідно до цього, розвиток альтернативної міської інфраструктури є необхідною складовою цього процесу.

В останні роки все більше міст по всьому світу запроваджують і підтримують розвиток велосипедного руху як ефективний та екологічно чистий спосіб пересування. У великих містах, де є високий рівень транспортних завантажень і забруднення, створення велосипедної інфраструктури стає важливою частиною стратегії покращення якості повітря. Міста як Антверпен, Лондон, Севілья, Париж і Барселона стали лідерами у цьому напрямку. Відтак, українські міста також повинні активізувати розробку та реалізацію подібних стратегій.

Одним з ключових аспектів розвитку велосипедної інфраструктури є створення мережі велосипедних доріжок і велосмуг, а також забезпечення умов для зручного паркування велосипедів і наявність пунктів прокату. Зокрема, в Києві та Львові можна створити додаткові велопарковки та розширити вже існуючі мережі велодоріжок, а також впровадити систему громадського велопрокату, як це зроблено в Мельбурні та Вашингтоні. Це дозволить знизити використання автомобілів та сприятиме зменшенню забруднення атмосфери.

Одним з найефективніших способів покращити ситуацію з екологічною ситуацією у великих містах є створення зон, вільних від автомобільного транспорту. Це передбачає введення обмежень на рух автомобілів у центрі міста або в певних частинах міста, що дозволить знизити рівень забруднення і зробити міський простір більш зручним і безпечним для пішоходів та велосипедистів. Досвід міст Німеччини, які ще з 1967 року почали створювати такі зони, може бути використаний для запровадження подібних ініціатив в українських містах.

Наприклад, організація "Дня без авто" в рамках Європейського тижня мобільності в Україні може стати важливим кроком до привернення уваги громадськості до проблеми забруднення повітря і змін в транспортній культурі.

Крім того, такі заходи можуть позитивно вплинути на розвиток пішохідної інфраструктури та створення комфортних умов для маломобільних груп населення [26].

Зелені насадження мають неабияке значення для очищення повітря від шкідливих речовин, таких як пил, гази і вуглекислий газ. Вони знижують рівень шуму, покращують мікроклімат і зменшують негативний вплив транспорту на навколишнє середовище. Враховуючи це, міста повинні інвестувати у збільшення площ зелених насаджень, особливо в зонах з високим рівнем автотранспортного навантаження.

Зокрема, на вулицях, що мають високий рівень забруднення, рекомендується створювати «зелені екрани» -посадки дерев і чагарників, які зменшують концентрацію шкідливих газів і пилу. Відтак, важливо обрати правильні види дерев для посадки, зокрема, клен сріблястий, який активно поглинає сірчистий газ. Реалізація подібних заходів здатна зменшити концентрацію токсичних речовин в повітрі та значно покращити екологічну ситуацію в містах.

Усвідомлення важливості зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище та здоров'я людей повинно стати основним принципом розвитку міських інфраструктур. Розвиток велосипедного транспорту, створення зон без автомобілів і збільшення кількості зелених насаджень -це лише кілька з багатьох ефективних заходів, які можна запровадити для зменшення забруднення повітря. Залучення сучасних технологій, таких як система цифрового управління трафіком, а також стимулювання громадян до використання альтернативних видів транспорту також є важливими складовими стратегії поліпшення якості повітря в містах.

ВИСНОВКИ

У процесі проведеного дослідження було детально проаналізовано вплив автотранспорту на якість атмосферного повітря в міських умовах, що є важливим аспектом сучасних екологічних проблем. Проблема забруднення повітря, спричинена автотранспортом, є однією з найактуальніших для міст, особливо в умовах швидкої урбанізації та зростання кількості автозасобів. Викиди шкідливих речовин від транспортних засобів не лише погіршують якість повітря, але й мають значний негативний вплив на здоров'я міського населення, спричиняючи численні хвороби, такі як респіраторні захворювання, серцево-судинні проблеми, а також онкологічні захворювання.

Одним з головних джерел забруднення атмосферного повітря в містах є автотранспорт, який, за статистикою, викидає в атмосферу велику кількість забруднюючих речовин, таких як вуглекислий газ (CO_2), оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (НС), а також частки сажі та інші токсичні компоненти. Ці речовини є основними агентами забруднення повітря в містах і відіграють значну роль у зміні клімату, а також у погіршенні стану здоров'я людей. У великих міських агломераціях, таких як Київ, Харків, Львів, рівень забруднення повітря автотранспортом є надзвичайно високим і часто перевищує нормативи, що встановлені міжнародними організаціями, зокрема Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ).

Робота також виявила, що в Україні проблема забруднення повітря автотранспортом набуває серйозного масштабу, зокрема через зношеність автопарку та високий рівень використання транспортних засобів, які не відповідають сучасним екологічним стандартам. Викиди забруднюючих речовин складають значну частину загальних викидів у містах України, причому частка автотранспорту в забрудненні атмосферного повітря становить 50-80% залежно від регіону. Зокрема, у великих містах спостерігається перевантаження дорожньої інфраструктури, погане планування дорожнього руху, що також сприяє збільшенню викидів і погіршенню якості повітря.

З огляду на ці проблеми, вивчено існуючі методи оцінки якості атмосферного повітря та ефективність існуючих інформаційних систем моніторингу. Оцінка якості повітря в Україні здійснюється за допомогою різноманітних моніторингових систем, таких як державна система моніторингу повітря, а також численні локальні станції. Однак наявні методи потребують вдосконалення, оскільки система моніторингу повітря не завжди забезпечує високий рівень точності і не охоплює всіх регіонів країни. Для більш ефективного контролю та зниження рівня забруднення необхідно поліпшити інтеграцію інформаційних систем, покращити збір і аналіз даних, а також розробити сучасні технології для реального моніторингу в реальному часі.

Аналіз статистичних даних показав тісний зв'язок між кількістю транспортних засобів і рівнем забруднення повітря в різних регіонах України. Міста з високим рівнем автозабруднення зазвичай мають більшу кількість автомобілів старого зразка, а також недостатньо розвинену транспортну інфраструктуру для зниження навантаження на вулиці. Важливим аспектом є також роль громадського транспорту, який у багатьох містах є недостатньо ефективним та доступним для більшості населення. Ці фактори сприяють погіршенню ситуації з якістю повітря та створюють додаткові проблеми для міського середовища.

У рамках дослідження були також розглянуті пропозиції щодо зниження впливу автотранспорту на якість повітря. Однією з основних рекомендацій є розвиток громадського транспорту, зокрема електричних та гібридних автобусів, тролейбусів і трамваїв, що значно зменшує викиди забруднюючих речовин у порівнянні з традиційними транспортними засобами. Також важливим кроком є розвиток електричного транспорту, зокрема електромобілів, які є екологічно чистими та мають значно менший рівень забруднення повітря порівняно з традиційними бензиновими чи дизельними автомобілями. Крім того, для зниження негативного впливу на атмосферу необхідно вдосконалювати інфраструктуру для велосипедистів і пішоходів, створюючи сприятливі умови для переходу до більш екологічного способу пересування.

Не менш важливим є застосування заходів щодо модернізації транспортного парку та впровадження нових екологічних стандартів для автомобілів, що дозволить значно знизити кількість шкідливих викидів в атмосферу. Крім того, необхідно розвивати концепцію екозон у містах, де буде обмежено використання приватного транспорту та впроваджено перевагу громадському транспорту та велосипедистам.

Нарешті, для досягнення значного поліпшення якості повітря в містах необхідно проводити активну інформаційну кампанію серед населення щодо важливості збереження екологічного балансу та правильного вибору транспорту, а також стимулювати державні ініціативи щодо фінансування проектів, які сприяють зниженню автотранспортних викидів. Інвестиції в інфраструктуру, новітні екологічно чисті технології та системи моніторингу є важливими кроками до сталого розвитку міського середовища.

Отже, вплив автотранспорту на якість атмосферного повітря є серйозною проблемою для міст, і для її вирішення необхідно застосовувати комплексний підхід, який включатиме модернізацію транспорту, розвиток екологічно чистих технологій, удосконалення транспортної інфраструктури та активні заходи з охорони довкілля. Пропоновані заходи можуть значно покращити стан атмосферного повітря, зменшити ризики для здоров'я населення та забезпечити більш сталий розвиток міського середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизований моніторинг та оцінка якості атмосферного повітря. Методичні вказівки для підготовки студентів за спеціальностями 101 «Екологія» та 103 «Науки про Землю». Одеса: ОДЕКУ, 2019. 58 с.
2. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К. Управління якістю атмосферного повітря: від концепції до впровадження: Звіт за результатами досліджень / у редакції М. Сороки. Прага-Київ: Arnika, 2021. 52 с.
3. Белоконь К. В., Єрмоєнко В. О., Полив'яна А. К., Ригас Т. Є. Оцінка ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення довкілля автотранспортом. 6-й Міжнародний молодіжний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» Львів: Західно-Український Консалтинг Центр, 2021. С. 305.
4. Братов К. О. Методичні підходи щодо оцінки стану атмосферного повітря. Одеса, 2023. 52 с.
5. Викиди від транспорту і як з ними боротися: інтерв'ю експерток Екодії. *Екодія*. URL: <https://ecoaction.org.ua/vykydy-vid-transportu.html> (дата звернення: 04.05.2025).
6. Викиди забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря | Державна служба статистики України. *Головна* | *Державна служба статистики України*. URL: https://stat.gov.ua/uk/datasets/vykydy-zabrudnyuyuchykh-rechovyn-i-parnykovykh-haziv-v-atmosferne-povitrya?utm_source=c (дата звернення: 03.05.2025).
7. Все про довкілля : автотранспорт і навколишнє середовище: проблеми і шляхи їхнього вирішення. *Запорізька обласна державна адміністрація*. URL: <https://www.zoda.gov.ua/news/7207/avtotransport-i-navkolishnjесeredovishe-problemi-i-shlyahi-jihnego-virishennya.html> (дата звернення: 03.05.2025).

8. Дискусія американських науковців щодо ядерної зброї на терені України у 1992-1993 роках. *Репозитарій ОНУ імені І.І.Мечникова*. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cef5225f-04ac-44ce-920b-9dd8e964caf9/content> (дата звернення: 03.05.2025).

9. ДСТУ 3587-97 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану (рос). *БУДСТАНДАРТ Online*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=7038 (дата звернення: 03.05.2025).

10. ДСТУ ISO 6879:2003 Якість повітря. Характеристики і настанови щодо вимірювання (ISO 6879:1995, IDT). *БУДСТАНДАРТ Online*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59926 (дата звернення: 03.05.2025).

11. Забруднення атмосферного повітря. *Офіційний веб-сайт - Одеська обласна рада*. URL: <https://oblrada.od.gov.ua/odeska-oblast/ekologichnij-stan/zabrudnennya-atmosfernogo-povitrya/> (дата звернення: 03.05.2025).

12. Зони низьких рівнів викидів. *Правила міського доступу в Європі*. URL: <https://uk.urbanaccessregulations.eu/low-emission-zones-main> (дата звернення: 03.05.2025).

13. Іваненко Л. Д. Автомобіль. Екологія. З д о р о в'я людини. *Житомирський державний університет ім. І.Франка*. С. 1-3. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/5071/1/автомобіль.pdf> (дата звернення: 03.05.2025).

14. Класифікація систем моніторингу повітря. *Кафедра хімії – Факультет природничих наук*. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2018/01/Lec-2M.pdf> (дата звернення: 03.05.2025).

15. Линник І.Е.(розділ 1); Лежнева О.І. (розділ 2); Дорошко Є.В. (розділ 3); Вакуленко К.Є., Соколова Н.А. (розділ 4);Афанасьєва І.А. (розділ 5). - Екологічні аспекти автотранспортного комплексу: монографія / І.Е. Линник, О.І. Лежнева, Є.В. Дорошко та ін. - Харків: Видавництво «Смугаста типографія», 2020. - 194 с.

16. Лічильник викидів двз : всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт. 2018. 57 с.

URL: https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/3_nauka/konkurs/ekobezpeka_dvz_.pd.

17. Математичне моделювання розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря | Журнал ECOBUSINESS. Журнал ECOBUSINESS. Екологія підприємства. URL: <https://ecolog-ua.com/news/matematychne-modelyuvannya-gorovanoї%20Гауссової%20моделі>. (дата звернення: 03.05.2025).

18. Місто. Транспорт. Забруднення. Екологічні проблеми використання автотранспорту у великих містах. Видавництво «Шкільний світ». URL: <https://osvitaua.com/2018/09/66086/> (дата звернення: 04.05.2025).

19. Нормативно-правове забезпечення охорони атмосферного повітря. Державна екологічна інспекція України. URL: <https://dei.gov.ua/post/2321> (дата звернення: 04.05.2025).

20. Основні забруднювачі атмосферного повітря : характеристики, вплив на організм людини. Автоекоприлад. URL: <https://eco.aep.kiev.ua/novini/osnovni-zabrudnyuvachi-atmosfernogo-povitrya-harakteritstiki-vpliv-na-organizm-lyudini/> (дата звернення: 03.05.2025).

21. Павелко О., Куликовська Н., Тіменко А. Автоматизована система моніторингу якості повітря. *Modeling Control and Information Technologies*. 2023. № 6. С. 238–241. URL: <https://doi.org/10.31713/mcit.2023.074> (дата звернення: 03.05.2025).

22. Перелік виробництв та категорій джерел викидів за методикою ЕМЕП (розрахунок викидів ЗР в атмосферне повітря). *ЕкоСистема*. URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-vyrobnytstv-ta-katehorii-dzherel-vykydiv-za-metodykoiu-emer-rozrakhunok-vykydiv-zr-v-atmosferne-povitria> (дата звернення: 03.05.2025).

23. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний

молодіжний конгрес, 10-11 лютого 2022, Україна, Львів : Збірник матеріалів - Київ : Яроченко Я. В., 2022. - 271 с.

24. Транспорт. Сталий розвиток для України.

URL: <https://sd4ua.org/golovni-temi-stalogo-rozvitku/transport/#:~:text=Частка%20автомобільного%20транспорту%20у%20викидах,-65%%20викидів%20діоксиду%20азоту.> (дата звернення: 03.05.2025).

25. Трошин М., Кістол А., Баранник В. ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ. *Grail of Science*. 2023. № 26. С. 261-264. URL: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.14.04.2023.047> (дата звернення: 03.05.2025).

26. Чернишов О. Вплив транспорту на екологію міста. Аналіз та стратегії для України. *Українська Кліматична Мережа*. URL: https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/transport-ukr4_small.pdf (дата звернення: 04.05.2025).

27. Чугай А. В. Патраман Х. С. Індекс забруднення атмосфери. *ЛЮДИНА ТА ДОВКІЛЛЯ ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ*. URL: <http://luddovk.univer.kharkov.ua/?q=uk/keys/індекс-забруднення-атмосфери> (дата звернення: 03.05.2025).

28. Щоденні дані забруднення атмосферного повітря по містах за квітень. УкрГМЦ. *УкрГМЦ*. URL: <https://www.meteo.gov.ua/ua/Daily-air-pollution-data-by-city-for-April> (дата звернення: 04.05.2025).

29. Як визначається індекс якості повітря?. *УкрХімАналіз*. URL: <https://himanaliz.ua/uk/yak-viznachaietsya-indeks-yakosti-povitr/> (дата звернення: 03.05.2025).

30. Як якість пального впливає на роботу систем зниження викидів авто. *DPF Tech*. URL: <https://dpftech.com.ua/news/4-yak-yakist-palnogo-vplivaye-na-robotu-sistem-znizhennya-vikidiv-avto> (дата звернення: 03.05.2025).

31. dr. M.J. Nieuwenhuijse | Amphia Ziekenhuis. *Amphia*. URL: <https://www.amphia.nl/zorgverleners/dr-m-j-nieuwenhuijse> (date of access: 03.05.2025).

32. European Study of Cohorts for Air Pollution Effects | ESCAPE | Projekt | Fact Sheet | FP7 | CORDIS | European Commission. *CORDIS / European Commission*. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/211250> (date of access: 03.05.2025).

33. Petrosian A., Maremukha T., Morhulova V. Comparative analysis of modeling averaged concentrations of pollutants in the atmospheric surface layer. *Young scientist*. 2020. Vol. 7, no. 83. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-7-83-2> (date of access: 04.05.2025).

34. Stepova O., Kornishina A., Tristan A. Analysis of atmospheric air pollution from vehicle transport (on the example of the Shevchenkiv district of Poltava). *Ecological Sciences*. 2022. Vol. 44, no. 5. P. 18–25. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.2> (date of access: 03.05.2025).

35. To the analysis of emissions from the wear of automobile tires as an environmental component of the use of road transport / P. Prohniy et al. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Vol. 2, no. 9(40). P. 127-136. URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262x.2024.9\(40\).2.127-136](https://doi.org/10.32515/2664-262x.2024.9(40).2.127-136) (date of access: 03.05.2025).

36. VIII International scientific and practical conference «Scientific Research as a Mechanism of Effective Human Development» (January 31-February 2, 2024) Sofia, Bulgaria, International Scientific Unity. 2024. 379 p.

ДОДАТКИ

Додаток А

Характеристика забруднення повітря

Місто Вінниця, координатний

номер 4922860

Пост №1, координатний номер 804, адреса

вул. Київська, 25

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фтористий водень	Формальдегід
28	1		0		0,03	0	
28	7	0	0	1,3	0,07	0	0,004
28	13		0		0,15	0	
28	19	0	0	0,6	0,17	0,003	0,02
29	1		0		0,05	0,003	
29	7	0	0	0,8	0,01	0,003	0,008
29	13		0		0,1	0,015	
29	19	0	0,002	0,5	0,15	0	0
30	1		0		0,05	0,018	
30	7	0	0	1	0,12	0,02	0
30	13		0		0,25	0,015	
30	19	0	0	0,5	0,11	0,018	0

Місто Кам'янське (Дніпродзержинськ),

координатний номер 4853460

Пост №4, координатний номер 916, адреса пр. Свободи,

28А

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					Фенол	Аміак	Формальдегід
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Сірководень			
30	1				0,14	0,004	0,009		
30	7	0,32	0,007	4	0,12	0,005	0,007	0,04	0,007

30	13				0,16	0,006	0,007	0,05	
30	19	0,32	0,008	3	0,18	0,006	0,008		0,012

Місто Київ, координатний номер

5053050

Пост №2, координатний номер 1016, адреса вул. Олександра

Довженка, 8

Місяць квітень

2025 року

Число	Строк	Домішки					Фенол	Хлористий водень	Формальдегід
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Сульфати	Оксид вуглецю	Діоксид азоту			
30	1		0,045			0,05		0,04	0,002
30	7	0,05	0,063	0,02	0,9	0,1	0,002		0,004
30	13		0,083			0,19		0,12	0,008
30	19	0,16	0,072	0,02	1	0,12	0,003		0,007

Місто Кременчук, координатний

номер 4813330

Пост №1, координатний номер 506, адреса

вул.Молодіжна,9

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					Фенол	Сажа	Формальдегід
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту				
								0,00	
30	1		0,004		0,02	0,01		2	
								0,00	
30	7	0,19	0,004	0,3	0,02	0,003	0	3	
								0,00	
30	13		0,005		0,02	0		4	
								0,00	
30	19	0,29	0,005	0,3	0,02	0	0,01	3	

Місто Кривий Ріг, координатний

номер 4793340

Пост №2, координатний номер 1225, адреса вул. Степана

Тільги,20

Місяць квітень

2025 року

Число	Строк	Домішки					Фено л	Аміа к	Формальдегі д
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Сірководень			
30	1						0,004	0,01	0,01
30	7	0,3	0,031	1	0,07	0,001	0,003	0,01	0,005
30	13						0,002	0,01	0,021
30	19	0,4	0,026	1	0,03	0,001	0,002	0,01	0,012

Місто Кропивницький (Кіровоград), координатний номер

4853220

Пост №1, координатний номер 608, адреса вул.

Чорновола, 4

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					Форм альде гід
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Сажа	
30	1		0,011		0,01		
30	7	0,4	0,015	1	0,02	0,01	0,005
30	13		0,02		0,04		0,004
30	19	0,2	0,023	1	0,02	0,04	0,003

Місто Луцьк, координатний номер

5082530

Пост №4, координатний номер 404, адреса
вул. Шопена, 11

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Фенол
30	1		0		0,07	0,03	0,004
30	7	0,1	0,002	0	0,07	0,02	0,005
30	13		0,002		0,08	0,04	0,007
30	19	0,1	0,004	0	0,03	0,01	0,005

Місто Львів, координатний номер

4982410

Пост №3, координатний номер 704, адреса
пл. Соборна, 15

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фтористий водень	Формальдегід
30	1		0,005		0,02	0,002	0,003
30	7	0,16	0,006	1,4	0,03	0	0,004
30	13		0,01		0,08	0,005	0,005
30	19	0,24	0,011	4,4	0,1	0,004	0,004

Місто Миколаїв, координатний

номер 4703200

Пост №4, координатний номер 406, адреса вул.Соборна, Палац
Культури

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					Форм альдегід
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	
28	1				0,02	0,01	0,008
28	7	0,1	0,007	2	0,01	0,01	0,007
28	13		0,006		0,05	0,01	0,018
28	19	0,1		1	0,03	0,03	0,009
29	1				0,02	0,01	0,009
29	7	0,1	0,004	2	0,01	0,02	0,01
29	13		0,004		0,02	0,01	0,01
29	19	0,1		1	0,01	0,03	0,009
30	1				0,01	0,02	0,012
30	7	0,1	0,005	1	0,04	0,02	0,01
30	13		0,001		0,02	0,01	0,009
30	19	0,1		1	0,02	0,03	0,011

Місто Одеса, координатний номер

4643080

Пост №8, координатний номер 811, адреса Французький

бульвар, 89

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки						
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фенол	Сажа	Формальдегід
28	1		0,017		0,02			0,00
28	7	0,1		0		0,002	0,03	0,003
28	13		0,01		0,02	0		0,006
28	19	0,2	0,005	1	0,03	0,003	0,05	0,004
29	1		0,013		0,06			0,00
29	7	0,1		1		0,004	0,04	0,002
29	13		0,024		0,01	0,003		0,009
29	19	0,2	0,019	1	0,04	0,004	0,05	0,007
30	1		0,009		0,01			0,00
30	7	0,1		0		0,001	0,03	0,004
30	13		0,021		0,03	0,002		0,006
30	19	0,1	0,011	1	0,03	0,002	0,04	0,001

Місто Полтава, координатний

номер 4963460

Пост №7, координатний номер 402, адреса вул. Решетилівська, 85

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фтористий водень	Форм альде гід
30	1		0		0	0	0
30	7	0,2	0,008	1	0,05	0	0
30	13		0,004		0,03	0,005	0,009
30	19	0,2	0	4	0,08	0,003	0

Місто Рівне, координатний номер

5062620

Пост №1, координатний номер 604, адреса вул.Небесної сотні,25

(залізничний вокзал)

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки							Фтористий водень	Хлористий водень
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Фенол			
30	1		0		0,023			0,00		
30	7	0,106	0	0,95	0,025	0	0,003	5	0,09	
30	13		0		0,018			0,00		
30	19		0,005	0,96	0	0	0	5	0,07	

Місто Світловодськ, координатний номер

4903340

Пост №1, координатний номер 901, адреса

вул. Леніна, 3а

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Форм альдегід
30	7	0,1	0,032	1	0,04	0,02	0,001
30	13	0,1	0,013	1	0,02	0,03	0,001
30	19		0		0,02	0,02	0,001

Місто Суми, координатний номер

5093480

Пост №3, координатний номер 1011, адреса вул.

Холодноярської бригади, 24

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки					
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Аміак
30	1		0,059		0,05	0,02	0
30	7	0,2	0,062	2	0,06	0,03	0,02
30	13		0,068		0,1	0,06	0,02
30	19	0,4	0,056	1	0,05	0,03	0,01

Місто Харків, координатний номер

4993630

Пост №17, координатний номер 1109, адреса ріг вул. Дерев'янка та

Харківського шосе

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки				
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Формальдегі д
30	1					0,003
30	7	0,07	0,009	1	0,03	0,001
30	13		0,014		0,03	0,004
30	19	0,03	0,017	0,8	0,03	0,002

Місто Херсон, координатний номер

4673270

Пост №5, координатний номер 307, адреса вул. Лавренєва

(насосна станція)

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки						
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Фено л	Формальдегід
30	1		0		0,18	0,09	0	0
30	7	0	0	0,2	0,14	0,08	0	0
30	13		0		0,08	0,04	0	0
30	19	0,1	0	0,2	0,13	0,14	0	0

Місто Хмельницький, координатний номер

4942690

Пост №1, координатний номер 906, адреса вул.

Чорновола, 122

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки							Хлористий водень
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Сульфати	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Фенол	
30	1		0,018			0,02	0,02		
30	7	0,1	0,016	0,01	1,5	0,08	0,02	0,00	0,08
30	13		0,016			0,03	0,043	0,00	
30	19	0,03	0,018	0,01	1,4	0,09	0,051	0,00	0,07

Місто Черкаси, координатний номер

4933200

Пост №3, координатний номер 1109, адреса вул.Гетьмана

Сагайдачного,146

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки						
		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Сірководень	Аміак	Формальдегід
30	1		0,027		0,02	0,002	0,03	0,01
30	7	0,1	0,008	1	0,02	0,002	0,03	0,01
30	13		0,014		0,02	0,002	0,09	0,02
30	19	0,2	0,012	1	0,02	0,002	0,05	0,01

Місто Чернівці, координатний

номер 4832590

Пост №3, координатний номер 914, адреса

вул.Головна,265 А

Місяць квітень

2025 року

Число	Срок	Домішки
-------	------	---------

		Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фтористий водень	Хлористий водень
30	1	-	0	-	0,065	0	0,101
30	7	0,034	0	0,00	0,080	0	0,273
30	13	-	0,081	-	0,089	0,002	0
30	19	0,064	0,001	0,00	0,017	0	0