ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота

магістра

на тему ВПЛИВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА СТАН УРБОЕКОСИСТЕМ
THE IMPACT OF ROAD TRANSPORTATION ON THE CONDITION OF URBAN ECOSYSTEMS.

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1024

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Гринечко Є.С.

Керівник доцент, доцент, к.с.г.н. Притула Н.М.

Рецензент зав. каф., професор, д.б.н. Рильський О.Ф.

Запоріжжя – 2025

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія та охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології,
д.б.н., проф.

О.Ф. Рильський

«____» _____ _____року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Гринечко Євгенію Сергійовичу

1. Тема роботи Вплив автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем

керівник роботи Притула Н.М., к.с.г.н., доцент, доцент

затверджена наказом ЗНУ від « 28 » березня 2025 р. № 445-с_

2. Строк подання студентом роботи «19» _листопада 2025_ року

3. Вихідні дані до роботи Проаналізувати теоретичні та практичні аспекти впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): дослідити вплив автотранспортних перевезень на стан великих урбоекосистем Дніпра, Запоріжжя, Одеси

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): _17 таблиць, _3 рисунки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по-батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
3	Рильський О.Ф.,проф., д.б.н.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	жовтень – грудень 2024	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	січень – лютий 2025	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	квітень – березень 2025	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту (таблиці, рисунки). Написання відповідного розділу роботи.	травень, червень, вересень 2025	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	жовтень – листопад 2025	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	грудень 2025	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	грудень 2025	Виконано

Студент _____ Є.С. Гринечко

Керівник роботи _____ Н.М. Притула

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 64 с., 3 рис., 17 табл., 62 джерела.

Об’єкт дослідження – урбоекосистеми великих міст України (Запоріжжя, Дніпро та Одеса), як складні антропо-природні системи, що зазнають впливу автотранспортних перевезень.

Предмет дослідження – антропогенний вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря та акустичне середовище урбоекосистем.

У роботі використовувався комплекс загальнонаукових та спеціальних методів: аналітичні та розрахункові, статистичні, картографічні та просторово-аналітичні.

Мета кваліфікаційної роботи: дослідити теоретичні та практичні аспекти впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем.

У роботі проведена характеристика урбоекосистем Запоріжжя, Дніпра та Одеси показала, що всі три міста мають інтенсивно розвинені транспортні мережі, значну частку застарілого автопарку та високу концентрацію магістральних вулиць у щільній житловій забудові. Запоріжжя характеризується найбільшим техногенним навантаженням через поєднання важкої промисловості та великої кількості приватного транспорту; Дніпро – як транзитний та логістичний центр; Одеса – сезонними піками транспортної активності, пов’язаними з туристичними потоками.Виявлено просторові та сезонні закономірності формування техногенного навантаження. Розроблено комплекс практичних рекомендацій, спрямованих на зниження викидів CO та шумового забруднення.

УРБОЕКОСИСТЕМА, АВТОТРАПСПОРТНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ОКСИД ВУГЛЕЦЮ (CO), КОЕФІЦІЄНТ ТОКСИЧНОСТІ, ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА МІСТА.

ABSTRACT

Master’s qualification thesis: 64 pages, 3 figures, 17 tables, 62 references. Object of research – the urban ecosystems of major Ukrainian cities (Zaporizhzhia, Dnipro and Odesa) as complex anthropogenic–natural systems influenced by motor transport flows.

Subject of research – the anthropogenic impact of motor vehicles on the state of atmospheric air and the acoustic environment of urban ecosystems. The study applies a set of general scientific and special research methods, including analytical and computational methods, statistical analysis, cartographic and spatial-analytical techniques.

The aim of the thesis is to investigate theoretical and practical aspects of the impact of motor transport on the state of urban ecosystems.

The study provides a comprehensive description of the urban ecosystems of Zaporizhzhia, Dnipro and Odesa, revealing that all three cities are characterized by highly developed transport networks, a significant proportion of outdated vehicle fleets, and a high density of major transport corridors within compact residential development zones. Zaporizhzhia demonstrates the highest technogenic load due to the combination of heavy industry and intensive private vehicle use; Dnipro functions as a key transit and logistics hub; Odesa exhibits pronounced seasonal peaks in transport activity associated with tourism flows.

Spatial and seasonal patterns of technogenic pressures have been identified. A set of practical recommendations has been developed to reduce carbon monoxide (CO) emissions and mitigate noise pollution in the investigated urban areas.

URBAN ECOSYSTEM, MOTOR TRANSPORT, CARBON MONOXIDE (CO), TOXICITY COEFFICIENT, NOISE POLLUTION, TRAFFIC FLOW, ANTHROPOGENIC IMPACT, URBAN ENVIRONMENTAL SAFETY.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ…… 7
ВСТУП…… 8
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ…….. 11
1.1 Сутність поняття «урбоекосистема» у сучасній екологічній науці ……. 11
1.2 Автотранспорт як джерело антропогенного впливу на довкілля. 16
1.3 Наукові підходи до оцінки та зменшення негативного впливу автотранспорту в урбоекосистемах ……..... 20
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ……. 24
2.1 Характеристика урбоекосистем, що досліджувалися ……... 24
2.2 Методика дослідження впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря урбоекосистем Запоріжжя, Дніпра та Одеси.. 28
2.3 Методи дослідження шумового забруднення……. 35
2.4 Статистична обробка отриманих результатів……. 37
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА……. 39
3.1 Результати дослідження впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем ……..... 39
3.2 Діагностика шумового забруднення урбоекосистем Запоріжжя, Дніпра та Одеси……..... 44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ…… 49
ВИСНОВКИ……. 56
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ……. 58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ…… 60

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГДК – гранично допустима концентрація;

ДСНС – Державна служба України з надзвичайних ситуацій;

ЕЕА – Європейське агентство з довкілля;

ІТС – інтелектуальна транспортна система;

МОЗ – Міністерство охорони здоров'я України;

НС – надзвичайна ситуація;

ПТМ – правила технічної експлуатації і безпеки;

СО – оксид вуглецю (монооксид вуглецю);

ISO – Міжнародна організація зі стандартизації;

WHO – Всесвітня організація охорони здоров'я;

EURO-standards – екологічні стандарти викидів ЄС.

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні урбоекосистеми України зазнають інтенсивного антропогенного навантаження, серед якого провідне місце займають автотранспортні перевезення. Зростання кількості приватних автомобілів, старіння автопарку, збільшення вантажних та пасажирських потоків, а також недостатня пропускна спроможність міських магістралей призводять до суттєвого погіршення якості атмосферного повітря та акустичного комфорту міського середовища. Оксид вуглецю (CO), оксиди азоту, тверді частинки та транспортний шум формують основні ризики для здоров'я населення, впливають на біоту, процеси самоочищення атмосфери та загальну екологічну стійкість міських територій.

Згідно з даними Міндовкілля України та екопаспортів міст, частка автотранспорту у формуванні забруднення повітря в обласних центрах досягає 60-80 %**,** а середні рівні шуму в транспортних коридорах перевищують санітарні норми на 12-25 дБА. Українські мегаполіси – зокрема Запоріжжя, Дніпро та Одеса – демонструють постійне перевищення гранично допустимих концентрацій CO у 3-10 разів та наднормативні рівні шуму у 2024-2025 роках. У цих умовах вивчення впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем є надзвичайно актуальним, оскільки результати дослідження дають змогу розробити практичні рекомендації зі зниження техногенного навантаження, підвищення екологічної безпеки та покращення умов життя населення.

Мета кваліфікаційної роботи: дослідити теоретичні та практичні аспекти впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем. Для вирішення поставленої мети нами сформовано та виконано такі *завдання:*

– розглянути сутність поняття «урбоекосистема» у сучасній екологічній науці; дати характеристику автотранспорту як джерелу антропогенного впливу на довкілля;

– дослідити наукові підходи до оцінки та зменшення негативного впливу автотранспорту в урбоекосистемах;

– дати характеристику урбоекосистемам, що досліджувалися;

– визначити методику дослідження впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря урбоекосистем Запоріжжя, Дніпра та Одеси;

– проаналізувати результати дослідження впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем.

Предметом дослідження даної кваліфікаційної роботи є антропогенний вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря та акустичне середовище урбоекосистем.

Об'єкт дослідження – урбоекосистеми великих міст України (Запоріжжя, Дніпро та Одеса), як складні антропо-природні системи, що зазнають впливу автотранспортних перевезень.

У роботі використовувався комплекс загальнонаукових та спеціальних *методів*:

1. Польові методи: підрахунок інтенсивності руху автотранспорту (метод безперервного спостереження 3×20 хв; перерахунок у авт./год); вимірювання шуму (еквівалентного рівня $L_{A,екв}$) згідно з ГОСТ 23337-78 та ДСН 463-2019.

2. Аналітичні та розрахункові методи: розрахунок коефіцієнта токсичності автопарку на основі структури транспортного потоку; розрахунок концентрації CO з урахуванням метеорологічних параметрів та характеристик вуличного профілю; екологічна оцінка відповідності показників нормативам (ГДК, допустимі рівні шуму).

3. Статистичні методи: обробка результатів сезонних та добових вимірювань; порівняльний аналіз між містами та сезонами.

4. Картографічні та просторово-аналітичні методи: побудова карт-схем постів досліджень; просторовий аналіз забруднення на магістральних вулицях;

5. Порівняльно-аналітичний метод: порівняння отриманих даних із

результатами державного моніторингу довкілля; аналіз специфіки транспортної інфраструктури кожного міста.

Наукова новизна: проведено комплексну інтегральну оцінку впливу автотранспортних перевезень на урбоекосистеми трьох великих міст України – Запоріжжя, Дніпра та Одеси, з одночасним урахуванням показників забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю (CO), коефіцієнта токсичності транспортних потоків та шумового навантаження. Удосконалено підхід до сезонної діагностики впливу транспортних перевезень, що полягає в систематичних вимірюваннях у чотири сезони року з подальшим порівняльним аналізом динаміки забруднення. Це дозволило вперше встановити характерні сезонні коливання концентрацій CO та рівнів шуму для кожного міста.

Практичне значення роботи полягає у можливості безпосереднього використання отриманих результатів, методичних підходів і рекомендацій органами місцевого самоврядування, екологічними службами та структурами, відповідальними за транспортну політику, для зменшення негативного впливу автотранспорту на стан урбоекосистем Запоріжжя, Дніпра та Одеси.

Результати експериментальних досліджень кваліфікаційної роботи магістра можуть бути використані у змісті навчальних дисциплін: Управління техногенно-екологічною безпекою; Урбоекологія.

Основні положення та результати дослідження доповідалися й обговорювалися з друкуванням 2-х тез у збірниках: Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук: Збірник матеріалів XI регіональної, I Всеукраїнської науково-практичної конференції. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2025; Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки». Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2024.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Сутність поняття «урбоекосистема» у сучасній екологічній науці

Поняття «урбоекосистема» (від лат. *urbs* – місто + *ecosystema* – екосистема) виникає на перетині таких наук, як екологія, географія, урбоекологія та інших суміжних дисциплін. З одного боку, воно запозичує підхід з екологічної теорії екосистем, яка розглядає систему організмів і їхнього середовища як взаємозв'язану цілісну систему. З іншого боку – воно враховує особливості урбанізованого середовища, тобто середовища, зміненого або створеного людиною, з комплексною взаємодією природних, антропогенних і соціальних елементів. Це означає, що урбоекосистема не є просто «міським екосистемним модулем», а інтегрованою системою, в якій природні, технічні, соціальні, інженерні підсистеми взаємодіють у рамках території міста або міського середовища.

Українські дослідження підтверджують, що урбоекосистема розглядається як «природно-територіальний комплекс (геокомплекс) з певною ієрархічною структурою, який знаходиться під безпосереднім впливом міста»[1]. Наприклад, у праці П. С. Войтківа урбоекосистема визначена як «сукупність живих компонентів міст, середовища їхнього існування та процесів, що відбуваються внаслідок їхньої взаємодії та взаємодії з іншими компонентами міської геосоціосистеми»[2]. Таким чином, ключові складові поняття – середовище існування, живі компоненти (біоти), процеси взаємодії, антропогенний вплив.

Для глибшого розуміння необхідно виділити основні структурні елементи урбоекосистеми. За джерелами, що досліджувалися, урбоекосистема охоплює: живі компоненти (біота) – рослини, тварини, мікроорганізми, що мешкають або виникли в межах міського середовища або адаптовані до нього; неживі компоненти (абіотичні фактори) – повітря, вода, ґрунт, кліматичні умови, рельєф та інженерні елементи. Вони створюють фізичну основу

середовища; антропогенні (техногенні) утворення – будівлі, дороги, інженерні мережі, транспортна інфраструктура, приміщення, території з інженерним покриттям. З одного боку, вони модифікують природне середовище, з іншого – створюють нове середовище для взаємодії;

– соціально-економічні та управлінські аспекти – люди як суб'єкти, соціальні інститути, поведінка населення, адміністративні системи, екологічне управління. Урбоекосистема також розглядає взаємодію суспільства з природним і технічним середовищем.

– процеси обміну речовини, енергії, інформації – системи потоків речовин (наприклад, викиди, стоки, атмосферні переноси), потоків енергії (тепло, електрика, рух транспорту), інформаційні та соціальні потоки (міграція населення, поведінка, комунікації).

Урбоекосистема має ієрархічну структуру, тобто її можна розглядати в масштабах від локального (міський квартал, парк) до міського ландшафту, до агломерації, оскільки вона інтегрує багаторівневі простори [1].

Урбоекосистеми мають низку специфічних рис, які відрізняють їх від природних або сільськогосподарських екосистем і заслуговують на увагу у контексті екологічної науки:

– підвищений антропогенний вплив та змінені умови. Міські території зазнають інтенсивного впливу людської діяльності: забудова, транспорт, індустрія, комунальна інфраструктура. Ці фактори змінюють фізико-хімічні умови середовища (наприклад, мікроклімат, температура, склад повітря, ґрунту). Як зазначено: «зростання антропогенного пресингу в міських екосистемах … спричиняє деструктивні зміни у функціонуванні біотичних угруповань, деградацію природних біотопів і погіршення здоров'я людей» [2].

– змішування природних і техногенних компонентів. Урбоекосистема – це не просто природна екосистема, модифікована людиною, а переважно середовище, в якому техносфера і природна сфера об'єднуються: дороги й житлові масиви межують із зеленими зонами, технологічні процеси

– із біотичними. Це створює гібридні екологічні умови, де традиційні екологічні зв’язки порушено чи переформатовано [3].

– підтримка та регулювання зовнішніми засобами. На відміну від більш-менш саморегулюючих природних екосистем, урбоекосистеми часто потребують постійного людського втручання, управління інфраструктурою, регулярного моніторингу, корекції потоків речовини й енергії, для підтримання функціонування. Наприклад, методичні джерела зазначають, що гомеостаз урбоекосистеми можливий лише через «гармонізацію обміну речовини та енергії»[4].

– висока динамічність, нестабільність та мультифункціональність. Міські системи характеризуються швидкою зміною забудови, транспортних потоків, населення, поведінки громадян, технологій. Це означає, що урбоекосистема перебуває в умовах постійної антропогенної трансформації, що підвищує ризик втрати екологічної рівноваги і потребує адаптивних механізмів. Українські методичні матеріали відзначають, що урбоекосистеми – це складні системи, створені людиною, з великою кількістю взаємодій.

– інтеграція соціально-економічного та екологічного вимірів. Оскільки місто – це середовище життя людини, урбоекосистема має включати не тільки природні й технічні компоненти, але й соціальну підсистему: поведінка мешканців, інститути управління, економічні та правові аспекти. Як зазначено у навчальних матеріалах: «урбоекологія – це наука про взаємозв'язки і взаємодію в часу і просторі двох систем – міської і природної…»[2].

Розуміння сутності урбоекосистеми має не лише теоретичне, а й прикладне значення:

– оцінювання екологічного стану міста: оформлене поняття дозволяє проводити системні дослідження функціонування міського середовища, виявляти екологічні ризики, втрати природних функцій, зміну біотичного потенціалу. Українські роботи пропонують підходи до еколого-енергетичного аналізу урбоекосистем, зокрема кількісну оцінку емергетичного балансу міста [2];

– планування та управління міським середовищем: поняття дозволяє інтегрувати екологічні аспекти в міське планування – наприклад, врахування структури урбоекосистеми при забудові, транспортуванні, зеленому каркасі, створенні комфортного середовища для мешканців;

– підтримка сталого розвитку: оскільки урбоекосистеми вразливі до антропогенного навантаження, розуміння їхніх структурно-функціональних особливостей дає змогу розробляти заходи захисту, адаптації, екологізації міського транспорту, управління потоками речовин та енергії;

– наукове пізнання динаміки міст: розгляд міста як урбоекосистеми відкриває можливість мультидисциплінарного підходу: екологія + географія + урбаністика + соціологія + інженерія. Це відповідає дефініціям, де урбоекологія – «комплекс містобудівних, медико-біологічних, географічних, економічних і технічних наук» в межах екології людини [1].

На підставі аналізу української літератури можна виділити такі ключові ознаки, які допомагають ідентифікувати урбоекосистему:

1. Територіальність – урбоекосистема формується в межах конкретної урбанізованої території (місто, міський район, агломерація). Деякі джерела вживають термін «природно-територіальний комплекс (геокомплекс)».

2. Ієрархічність – структура зі зміною рівнів: від ландшафту до фації, від окремих елементів до системи в цілому.

3. Антропогенно-трансформований характер – середовище під дією міста чи утворене містом; це середовище, де природні умови змінено, доповнено чи замінено техногенними складовими [3].

4. Взаємодія компонентів – процеси між живими та неживими компонентами, між природними й техногенними системами, а також із соціальною підсистемою.

5. Динамічність і нестабільність – міське середовище швидко змінюється, на нього впливає багато змінних (технології, транспорт, забудова, населення).

6. Необхідність управління – для збереження функціонування, стабільності або покращення стану урбоекосистеми потрібне активне управління, моніторинг, стратегічне планування.

7. Мультифункціональність – урбоекосистема виконує одночасно екологічні, соціально-економічні, рекреаційні, технічні функції (наприклад, житлова, транспортна, виробнича, рекреаційна).

Попри відносну усталеність поняття, існують певні складнощі й виклики:

– уніфікація визначень: В українській науковій літературі зустрічаються дещо різні формулювання: «природно-територіальний комплекс», «міський біогеоценоз», «сукупність живих компонентів міст…», Це ускладнює безпосереднє порівняння досліджень [2];

– оцінка функціонального стану: визначення «урбоекосистеми» містить опис складних процесів (обмін речовиною, енергією, інформацією), але кількісні показники, межі системи, межі впливу іноді не чітко окреслені. Як вказано: «уперше отримано кількісну оцінку емергетичного балансу міста»;

– межі системи: Чітке визначення просторових меж урбоекосистеми (двіження за межі міста, агломерації, змішування з природними ландшафтами) часто проблематичне;

– взаємодія природного та антропогенного компонентів – їх баланс і резильєнтність (стійкість) іноді важко оцінити, враховуючи швидкі зміни, технологічні новації, транспортні трансформації;

– управлінські аспекти – створення реальних механізмів управління, які враховують специфіку урбоекосистем, залишається викликом: як інтегрувати екологічні науки, урбаністичні практики й соціальне управління.

Підсумовуючи, поняття «урбоекосистема» у сучасній екологічній науці українського контексту слід розуміти як комплексну антропогенно-природну систему, що формується в межах урбанізованої території, включає природні, техногенні, соціальні елементи та їхні взаємодії, функціонує як система обміну

речовиною, енергією й інформацією, піддається значному впливу людської діяльності та потребує активного управління для забезпечення екологічної стійкості та життєздатності міського середовища. Цей підхід дозволяє інтегрувати екологічний, соціальний, технічний та економічний виміри в дослідження міських систем і є ключовою теоретичною основою для подальшого аналізу впливу, зокрема, транспортних перевезень на стан урбоекосистем.

1.2. Автотранспорт як джерело антропогенного впливу на довкілля

Автотранспорт – один із ключових секторів людської діяльності, що забезпечує мобільність як пасажирів, так і вантажів. Водночас він генерує суттєве навантаження на довкілля: через спалювання палива в двигунах внутрішнього згоряння утворюється комплекс шкідливих викидів, транспортна інфраструктура змінює ландшафт, створює шумове, теплове, вібраційне навантаження, впливає на ґрунти й воду. В Україні спектр таких впливів добре окреслений: за одними оцінками, автотранспорт є «вагомим джерелом забруднення довкілля» і «в даний час на частку автомобільного транспорту припадає більше половини усіх шкідливих викидів у навколишнє середовище» в урбанізованих територіях. Також транспорт генерує близько 12 % усіх викидів парникових газів в Україні [5,6]. Нижче наведено узагальнену таблицю основних видів забруднень, що генеруються автотранспортом (табл. 1.1).

Для повного розуміння впливу необхідно звернути увагу на конкретний склад викидів і чинники, що їх формують. Згідно з українськими дослідженнями, транспорт стає «найбільш значним джерелом забруднення атмосферного повітря … особливо великих міст». Викиди CO_2 – ключовий сам по собі парниковий газ. В Україні транспорт забезпечує близько 12 % всіх

викидів [5]. Інші шкідливі речовини: NO_x, CO, тверді частинки ($PM_{2.5}$, PM_{10}), леткі органічні сполуки (ЛОС), важкі метали (наприклад, свинець у випадку старих бензинів) [6].

Таблиця 1.1 – Основні види забруднень, що генеруються автотранспортом

Вид забруднення	Джерело	Основні негативні ефекти
Атмосферні викиди (CO, CO_2, NO_x, SO_2, леткі органічні сполуки, тверді частинки)	Спалювання бензину, дизелю, технічні витрати	Погіршення якості повітря, утворення озону на рівні ґрунту, кислотні дощі, парниковий ефект. Наприклад: транспорт – одна з основних причин утворення парникового ефекту через викиди CO_2.
Шумове навантаження та вібрація	Рух автотранспорту, дорожня інфраструктура	Стрес для мешканців, порушення біоритмів людей, вплив на фауну, руйнування конструкцій.
Теплове навантаження / міський тепловий острів	Концентрація автотранспорту, дорожній покриття, інженерні системи	Підвищення температури в міських кварталах, зміна мікроклімату.
Забруднення ґрунтів та води	Відпрацьовані масла, паливні витоки, сірчані продукти, антифризи, змиви з доріг	Деградація ґрунтів, накопичення токсичних речовин, контрольовані водні екосистеми. Наприклад, дослідження Житомирської області відзначає значний вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря та прилеглих територій.
Забруднення життєвого середовища людини та екосистем	Комбінація викидів, шуму, інфраструктурних змін	Підвищення ризику захворювань дихальної системи, серцево-судинних хвороб, порушення екологічної стабільності урбоекосистеми.

Крім того, якість палива, технічний стан автопарку і дорожнього покриття – важливі детермінанти забруднення. Наприклад, головними причинами підвищеного забруднення атмосферного повітря автомобільним

транспортом є: незадовільна якість автомоторного палива; низькі техніко-експлуатаційні показники парку автотранспортних засобів.

Далі розглянемо вплив автотранспортніх перевезень на окремі компоненти урбоекосистем. Забруднення повітря – найбільш помітний ефект автотранспорту. У міських умовах викиди концентруються в приземному шарі атмосфери, де мешкає людина, що посилює ефект негативного впливу. Автотранспорт впливає шляхом викидів, стоків з поверхні доріг, зносу шин, розливів палива і масла, що призводять до накопичення забруднювачів у дорожньому смузі. Наприклад, на прилеглих до доріг ґрунтах спостерігаються підвищені концентрації важких металів та органічних забруднювачів. Водночас, змиви з доріг можуть переносити ці речовини у водні системи, що погіршує якість води та ставить під загрозу водну біоту.

Шум, вібрація, світлове забруднення та пересічення шляхів руху впливають на живі організми, зокрема міську фауну та флору. У контексті екосистем автодороги виступають як бар’єри, фрагментуючи середовища існування, змінюючи поведінку тварин, зменшуючи біорізноманіття. (Хоча це питання детальніше в екологічній літературі, ніж у транспортній.) Прямий вплив на людей проявляється у зростанні захворювань дихальної системи, серцево-судинних хвороб через забруднення повітря [7].

Концентрація автотранспорту, дорожнє покриття, інженерні споруди сприяють створенню ефекту міського теплового острова, коли температура в урбанізованих територіях значно вища за оточуючу. Це погіршує екологічний комфорт і може впливати на енергоспоживання (наприклад, кондиціювання повітря) та здоров’я мешканців.

Кількісна оцінка впливу автотранспорту є складним завданням, але в українських дослідженнях наведено такі орієнтовні дані: один вантажний автомобіль середньої вантажопідйомності забруднює атмосферне повітря 2,5-3 кг свинцю на рік. Транспорт забезпечує близько 12 % викидів парникових газів в Україні [5].

Таблиця 1.2 –Типові кількісні значення впливу автотранспорту

Показник	Значення
Частка викидів парникових газів	~ 12 % для України
Викиди свинцю від одного вантажного авто	2,5-3 кг/рік
Паливний витрат (середній авто)	~ 2 т палива/15 тис км пробігу

У межах урбанізованої системи (урбоекосистеми) автотранспорт набуває особливого значення з таких причин:

– великі концентрації руху у житлових, робочих, транзитних зонах;

– недостатня розсіювальна здатність атмосфери (низькі будівлі, щільна забудова) – це призводить до накопичення забруднень;

– транспортні артерії часто пролягають через або навколо житлових кварталів, зелених зон, що підвищує вплив на людей і міську біоту;

– швидкі темпи інфраструктурних змін (розширення мережі доріг, збільшення автопарку) означають, що вплив росте, а адаптаційні механізми екосистеми міста обмежені;

– наявність множинних взаємодій: викиди + шум + втрати зеленої зони + тепловий ефект + зміни режиму водного стоку – усе це створює комплексний навантаження на урбоекосистему [8].

Для пом’якшення впливу автотранспортних перевезень на довкілля застосовуються такі підходи:

– модернізація автопарку (заміна старих автомобілів на менш шкідливі, впровадження електротранспорту) – на сьогодні доведено, що оптимізація громадського транспорту є інструментом підвищення екологічної стійкості міст [9];

– покращення якості палива, контроль за викидами, використання екологічно чистих видів палива;

– розвиток громадського транспорту, зменшення приватного автомобілювання, стимулювання переходу на велосипед, піший рух, що зменшує навантаження від автотранспорту [10];

– заходи містобудування: створення зелених коридорів уздовж магістралей, зеленої інфраструктури, яка поглинає частину забруднень, шуму; планування руху, обмеження швидкості, зонування;

– контроль та моніторинг: встановлення систем вимірювання якості повітря, шуму; оцінка впливу діяльності автотранспорту в рамках екологічної оцінки проектів [11].

Автотранспорт є багатокомпонентним джерелом антропогенного навантаження на довкілля і становить значну складову впливу у складі урбоекосистем. Його вплив охоплює атмосферу, воду, ґрунти, біоценози, мікроклімат та соціальне середовище міста. У межах міста він особливо «активний», бо концентрація руху й населення створює умови, за яких навіть «звичні» викиди набувають більшого значення для екологічного стану. Для магістерської роботи ця секція створює базу для поглибленого аналізу конкретних перевезень (пасажирських чи вантажних), кількісної оцінки впливу на конкретну урбоекосистему (наприклад, місто) та розробки заходів з екологізації транспортної системи [12].

1.3. Наукові підходи до оцінки та зменшення негативного впливу автотранспорту в урбоекосистемах

Оцінка впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистеми передбачає застосування науково обґрунтованих методів, які дозволяють кількісно або якісно вимірювати ступінь негативних змін. У науковій літературі виділяють такі підходи:

– моніторинг та вимірювання концентрацій забруднювачів. Наприклад, у дослідженні для міста було систематично виміряно концентрації шкідливих речовин у приземному шарі на різних вулицях із різною інтенсивністю автотрафіку [13];

– моделювання викидів та поширення забруднень – використання емісійних коефіцієнтів, типів транспортних засобів, пробігу, швидкості руху та інших параметрів. У одному дослідженні застосовано методологію HBEFA (Handbook Emission Factors for Road Transport) для розрахунку викидів [10];

– індикатори екологічної стійкості транспортної системи – наприклад, коефіцієнт екологічної стійкості Ке, що показує, у скільки разів зменшуються викиди та збитки при реалізації заходів;

– геопросторовий аналіз та картування проблемних ділянок – порівняння вулиць із високим і низьким транспортним навантаженням і визначення зон підвищеного ризику [8].

В таблиці 1.3 наведено порівняльна характеристика методів оцінки впливу автотранспортних перевезень на урбоекосистеми.

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика методів оцінки

Назва методу	Суть методу	Переваги методу	Обмеження використання метода
Моніторинг (вимірювання)	Пряме вимірювання концентрацій забруднювачів	Висока достовірність	Локальність, висока вартість обладнання
Моделювання емісій	Розрахунок викидів на основі параметрів руху	Можна масштабувати	Залежить від достовірності вихідних даних
Індикаторний підхід	Використання комплексних показників (Ке, екологічний збиток)	Удобний для порівняння	Іноді абстрактний, потребує узгоджених формул
Геопросторовий аналіз	Карти, просторове моделювання зон впливу	Візуалізація, розпізнавання «гарячих» зон	Потребує геоданих, ГІС-вмінь

Серед найбільш поширених показників наукової оцінки впливу автотранспорту на урбоекосистему – концентрації шкідливих речовин (наприклад, CO, NO_x, $PM_{2.5}$), рівень шуму (дБ), вага викидів на одиницю перевезень, коефіцієнт екологічної стійкості системи. Наприклад, в одному

дослідженні запроваджено коефіцієнт Ке, який розраховується як співвідношення фактичного рівня викидів до рівня після впровадження заходів [14].

Інші приклади: частка автотранспорту у загальних міських викидах (> 50 %) – вказує на пріоритетність транспортного сектору [15].

Після оцінки настає етап розробки і впровадження заходів. Науковий підхід передбачає, що ці заходи мають бути системними, інтегрованими і базуватися на доказах. Розглянемо чотири групи заходів: технічні, оргпнізаційно-управлінські , просторово-будівельні та екологічні.

1.Технічні заходи:

- заміна парку старих високовикидних автомобілів на сучасні з кращими екологічними показниками;
- використання альтернативних видів палива (газ, біопаливо, електро-транспорт);
- впровадження систем контролю викидів, каталітичних нейтралізаторів;
- оптимізація дорожньої мережі та режимів руху: зменшення зупинок, холостого ходу, інтелектуальне управління світлофорами.

2.Організаційно-управлінські заходи:

– планування і зонування міських просторів таким чином, щоб транспортні артерії не проходили через житлові квартали або були обладнані шумозахистом і зеленими буферами;

– введення екологічних зон у міському середовищі: обмеження руху вантажного транспорту в центральній частині міста, стимулювання громадського транспорту;

– використання економічних інструментів: плата за паркування, стимулювання пересадок, податки на екологічно шкідливі транспортні засоби.

3.Просторово-будівельні та екологічні заходи

– зелене озеленення вздовж доріг, створення тіньової і шумової ізоляції;

– підвищення ефективності дорожнього покриття: зниження опору руху, зменшення витрати палива;

– організація пішохідних і велосипедних зон, розвиток міської мобільності без автомобіля [16].

Напрями та заходи зменшення впливу автотранспорту на урбоекосистему представлено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Напрями та заходи зменшення впливу автотранспорту на урбоекосистему

Напрям	Заходи	Очікуваний ефект
Модернізація автопарку	Заміна на електро/гібридні, чистіший клас	Зниження викидів CO_2, NO_x, твердої фракції
Інфраструктурні зміни	Оптимізація маршрутів, інтелектуальні світлофори, вело/пішо-мережі	Менше заторів, зменшення часу холостого ходу
Управління рухом	Обмеження транспорту, екозони, плата за паркування	Зменшення кількості автомобілів, зниження навантаження
Просторово-екологічні рішення	Зелені буфери, покращення дорожнього покриття	Поглинання викидів, зниження шуму, мікрокліматичне покращення

Таким чином, наукові підходи до оцінки та зменшення негативного впливу автотранспорту на урбоекосистеми охоплюють: системний моніторинг і моделювання, визначення індикаторів, впровадження технічних, управлінських та просторових заходів, а також вимірювання ефективності цих заходів.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика урбоекосистем, що досліджувалися

Дослідження за темою кваліфікаційної роботи магістра проводилися у трьох великих містах України – Запоріжжі, Дніпрі та Одесі**,** які належать до найбільших промислових, транспортних та культурних центрів країни. Кожне з міст має власну специфіку формування урбоекосистеми, зумовлену природними умовами, історією розвитку, галузевою структурою економіки та особливостями просторової організації.

Урбоекосистема міста Запоріжжя. Запоріжжя розташоване у південно-східній частині України, на берегах річки Дніпро, у степовій зоні. Клімат – помірно континентальний, посушливий, із жарким літом та відносно м’якою зимою. Середня температура січня становить –3…–5 °С, липня +23…+25 °С. Середньорічна кількість опадів – близько 450 мм. Клімат формується під впливом частих змін циклонів і антициклонів, що зумовлює чергування періодів сухої і вологої погоди. Переважають східні та південно-східні вітри, які часто посилюють явища суховіїв і пилових бур [17].

Місто є одним із найпотужніших промислових центрів України. Провідні галузі: металургія, машинобудування, енергетика, хімічна та харчова промисловість. На території міста розташовані такі підприємства, як ПАТ «Запоріжсталь», Запорізький автомобілебудівний завод, «Мотор Січ». Водночас активно розвивається сфера послуг, торгівля та логістика.

Запорізька область має потужний енергетичний комплекс, представлений Запорізькою атомною електростанцією, Дніпровською ГЕС, тепловими станціями та сонячними парками. У місті сформована густа транспортна мережа: 6989,2 км автомобільних доріг**,** серед яких майже 1900 км державного значення.

Запоріжжя є великим транспортно-логістичним вузлом**,** що поєднує автомобільні, залізничні, річкові та авіаційні перевезення. Діють міжнародний

аеропорт, річковий та морський порти. У 2024 р. автомобільним транспортом перевезено 4,6 млн т вантажів і понад 80 млн пасажирів. Розвинена мережа громадського транспорту – автобуси, тролейбуси, трамваї, маршрутні таксі.

Інтенсивний розвиток промисловості й транспорту призводить до високого рівня забруднення атмосфери, ґрунтів і водних ресурсів. За даними державного моніторингу, у структурі забруднення повітря міста до 60 % припадає на автотранспорт, особливо у центральних районах і вздовж автомагістралей. Урбоекосистема Запоріжжя характеризується значним техногенним навантаженням, порушенням структури природного середовища, але водночас має високий потенціал відновлення через наявність зелених зон (Хортицький національний заповідник, парки, лісопосадки)[17-19].

Урбоекосистема міста Дніпро. Місто Дніпро розташоване у середній частині Придніпровської височини, на обох берегах річки Дніпро. Клімат – помірно континентальний із жарким посушливим літом та м'якою зимою. Середньорічна температура становить +9,2 °С, середньорічна кількість опадів – 470-500 мм. Характерна підвищена запиленість повітря і низька вологість через промислову забудову та щільну транспортну мережу [21].

Дніпро – один із найбільших промислових і науково-технічних центрів України. Основні галузі: металургія, машинобудування, космічна галузь («Південмаш»), хімічна промисловість, ІТ-сектор. Розвинута фінансова та освітня інфраструктура, що визначає місто як потужний центр регіонального розвитку.

Місто має одну з найрозвиненіших транспортних мереж у Центральній Україні. Через Дніпро проходять важливі автомагістралі міжнародного значення (М-04, М-18), залізничні вузли, річковий порт і міжнародний аеропорт. Загальна протяжність автомобільних доріг у межах міста перевищує 2500 км. Щодня транспортною мережею пересувається понад 300 тис. одиниць автотранспорту, що створює істотне екологічне навантаження на атмосферу. У структурі пасажирських перевезень частка автомобільного транспорту перевищує 70 %.

Дніпро входить до числа міст України з підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря, зумовленим діяльністю металургійних і машинобудівних підприємств, а також високою інтенсивністю транспортних потоків. Найбільше забруднення спостерігається на проспекті Гагаріна, вулиці Слобожанській, у районі залізничних вузлів. Серед домінуючих забруднювачів – діоксид азоту, оксид вуглецю, пилові частинки, формальдегід. У місті реалізуються програми моніторингу довкілля та розвитку електротранспорту, спрямовані на зменшення викидів.

Урбоекосистема Дніпра має складну просторову структуру з поєднанням густозабудованих промислових зон і природних комплексів (Нижньодніпровський ліс, річкові острови, набережна). Незважаючи на техногенне навантаження, місто має розвинену систему зелених насаджень, що виконують рекреаційну та санітарно-захисну функції [20-23].

Урбоекосистема міста Одеса. Одеса розташована на північному узбережжі Чорного моря, у південній частині Причорноморської низовини. Клімат – помірно континентальний із рисами морського, характеризується теплими зимами (середня температура січня –1 °C) і спекотним, посушливим літом (до +27 °C). Річна кількість опадів – 450-500 мм. Морський бриз зменшує температурні коливання, однак літні місяці характеризуються тривалими періодами високої температури і сухості повітря [24].

Одеса – найбільший морський порт України та важливий центр міжнародної торгівлі, логістики, туризму і культури. Основні галузі: транспортно-портова, суднобудівна, харчова, машинобудівна, переробна, а також сфера послуг. Портова діяльність формує значну частку ВВП міста та створює специфічні екологічні ризики, пов’язані із забрудненням морського узбережжя та атмосферного повітря.

Місто має високу транспортну щільність: міжнародний морський порт, аеропорт, залізничний вокзал, густу мережу автомобільних доріг, трамвайних і тролейбусних ліній. У літній період спостерігається суттєве збільшення транспортного навантаження через туристичний потік. Щороку в межах міста

здійснюється понад 100 млн пасажирських перевезень, з яких понад половину забезпечує автотранспорт. Інтенсивність руху на головних вулицях (Фонтанська дорога, Балківська, Преображенська) досягає 30-35 тис. авто/добу.

Одеса має складну екологічну ситуацію**,** обумовлену поєднанням транспортного, промислового та рекреаційного навантаження. Забруднення атмосферного повітря формується головним чином за рахунок автотранспорту (понад 70% сумарних викидів), особливо у центральній частині міста. Морський транспорт та діяльність портів додають значну частку викидів сірки, оксидів азоту та зважених речовин. Крім того, морські узбережжя зазнають забруднення нафтовими продуктами, побутовими стоками, пластифікаторами.

Урбоекосистема Одеси формується на перетині природних (морське узбережжя, лимани, степові ділянки) та антропогенних компонентів (щільна забудова, транспортні магістралі, порти). Основною екологічною проблемою є перевищення граничнодопустимих концентрацій оксидів азоту, твердих частинок і діоксиду сірки, а також шумове навантаження у курортних районах. Разом із тим, місто має високий рекреаційний потенціал завдяки морським пляжам, паркам, скверам, що відіграють роль природних регуляторів урбоекосистеми [25-27].

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика міст, де проводилися дослідження

Показник	Запоріжжя	Дніпро	Одеса
1	2	3	4
Географічна зона	Степова	Лісостеп-Степ	Причорноморська низовина
Клімат	Континентальний, посушливий	Помірно континентальний	Помірно континентальний з морськими рисами
Основні галузі	Металургія, енергетика	Металургія, машинобудування, ІТ	Портова, транспортна, туризм

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Протяжність автошляхів, км	6989	2500+	~3100
Частка автотранспорту у викидах, %	60	55-65	70
Рівень шуму (центральні райони), дБ	72-78	70-75	74-80
Зелені зони, % площі міста	16	18	22

Таким чином, урбоекосистеми Запоріжжя, Дніпра та Одеси поєднують спільні риси (висока урбанізація, інтенсивне транспортне навантаження, наявність промислових підприємств) та відмінності, обумовлені географічним положенням, кліматом і функціональним профілем міст. В усіх трьох випадках автотранспорт є домінантним джерелом забруднення повітря і ключовим чинником антропогенного тиску на навколишнє середовище. Для кожної урбоекосистеми важливим завданням є розроблення локальних стратегій екологізації транспортної системи, з урахуванням природно-географічних умов та економічної структури регіону.

2.2 Методика дослідження впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря урбоекосистем Запоріжжя, Дніпра та Одеси

При проведенні досліджень використовувалася типова схема процесу оцінки впливу автотранспорту на атмосферне повітря урбоекосистем, яка включає такі етапи:

1. Визначення дослідної ділянки (вулиця, квартал, транспортний коридор, зона міста).

2. Збір вихідних даних – інтенсивність руху, склад автопарку, швидкість руху, вид палива.

3. Вимірювання/моніторинг – концентрації забруднювачів, рівень шуму, швидкість вітру, вологість повітря.

4. Розрахунок емісій – за емпіричними коефіцієнтами викидів.

5. Оцінка екологічного стану – порівняння отриманих результатів із нормативами та індикаторами.

6. Формування рекомендацій щодо зменшення негативного впливу автотранспорту.

Дослідження виконувалися у 2024-2025 рр. на території трьох великих урбоекосистем України – Запоріжжя, Дніпра та Одеси, що відрізняються за природно-географічними умовами, рівнем урбанізації, транспортним навантаженням і структурою забудови.

Дослідження проводилися у чотири сезони року – січень, квітень, липень та жовтень 2024-2025 рр., що дозволило врахувати сезонну зміну температури, вологості, вітрових умов і щільності транспортних потоків.

На кожній дослідній ділянці проводився підрахунок автотранспортних одиниць (вантажні автомобілі, автобуси, легкові авто, маршрутні таксі) протягом 20 хвилин із подальшим перерахунком на 1 годину. Спостереження здійснювалися у чотири часові проміжки доби:

- 7:00-8:00 – ранковий «піковий» час;
- 12:00-13:00 – денний період;
- 18:00-19:00 – вечірній «піковий» час;
- 22:00-23:00 – нічний період.

Вибрано 7 днів спостережень протягом місяця (4 робочих і 3 вихідних дні). За отриманими даними визначалися середні значення інтенсивності руху та будувалася добова динаміка транспортних потоків.

Спостереження у м. Запоріжжя проводилися на трьох постах, в різних районах міста (рис. 2.1):

- Пост 1: просп. Соборний – перехрестя з вул. Кріпосною;

– Пост 2: вул. Сікорського – перехрестя з вул. Вороніна;

– Пост 3: вул. Абрагама Коопа – перехрестя з вул. Зачиняєва;

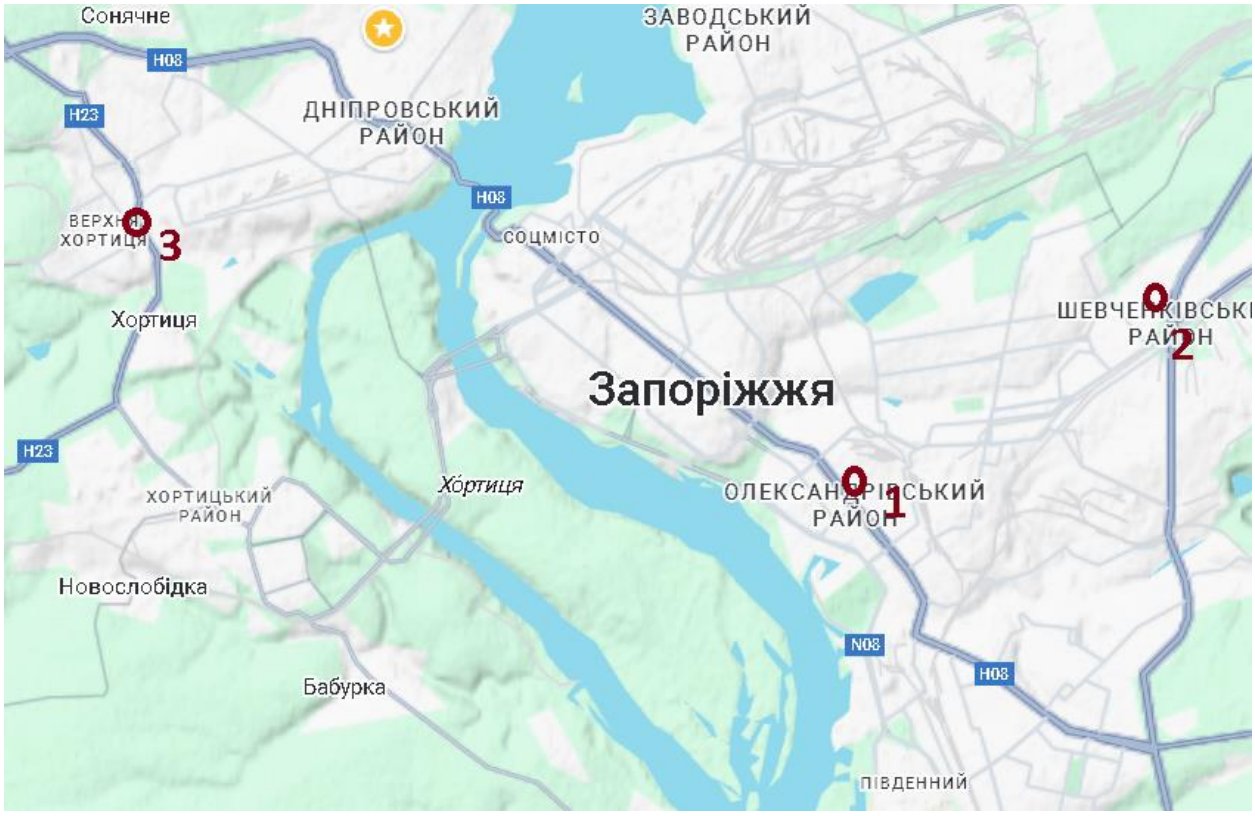


Рис. 2.1 – Схема розташування постів досліджень у м. Запоріжжя.

У м. Дніпро обрано три контрольні пости**,** що охоплюють різні типи міського середовища (рис. 2.2):

– Пост 1: просп. Науки – перехрестя з вул. Короленка;

– Пост 2: вул. Слобожанський проспект – перехрестя з вул. Деснянською;

Пост 3: вул. Моніторна – перехрестя з парусним провулком.

Для м. Одеси вибрано три спостережні точки у центральній, приморській частинах міста та передмісті (рис. 2.3):

– Пост 1: Фонтанська дорога – 12 станція Великого Фонтану;

– Пост 2: Київське шосе – перехрестя з вул. Агротехнічною;

– Пост 3: просп. Шевченка – перехрестя з просп. Лесі Українки.

На кожній точці визначалися такі параметри:

– тип вулиці (магістральна, житлова, промислова, курортна);

– нахил дорожнього полотна (екліметром);

– швидкість вітру (анемометром);

– відносна вологість повітря (психрометром);

– наявність зелених насаджень або захисних смуг, що впливають на дисперсію забруднень.

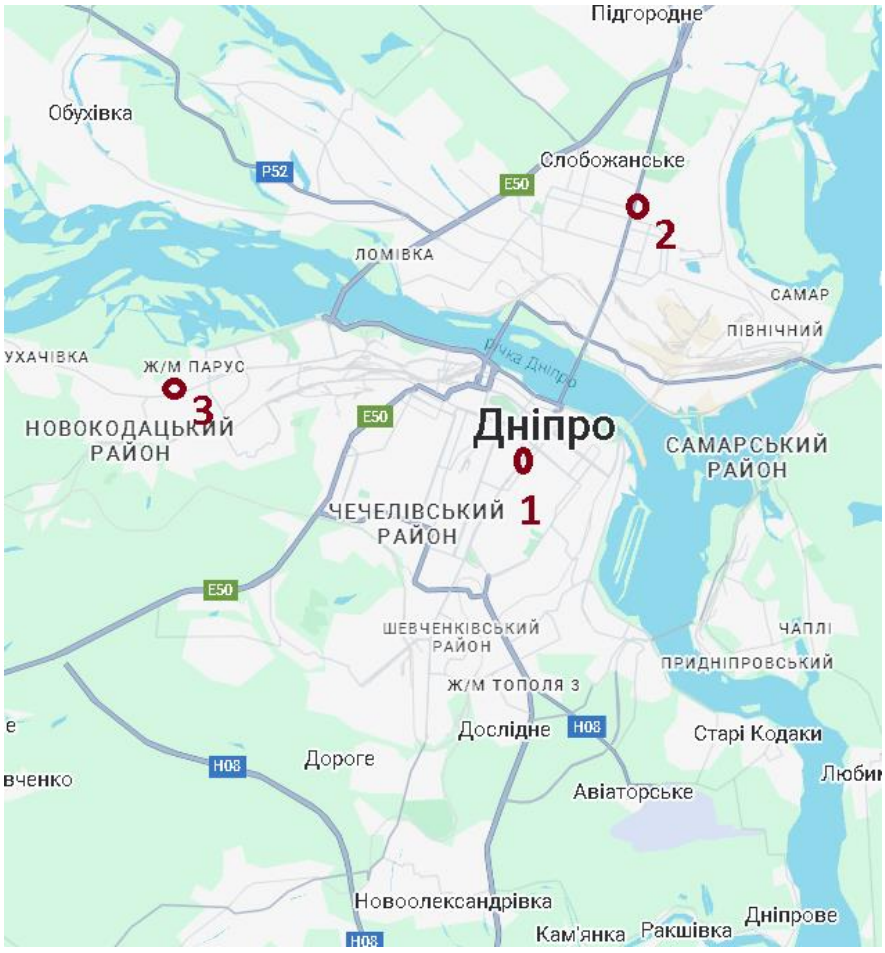


Рис. 2.2 – Схема розташування постів досліджень у м. Дніпро

Зазначалося, що ступінь забруднення повітря залежить не лише від кількості транспортних засобів, а й від забудови, рельєфу, напрямку вітру, вологості та температури повітря [28-30]. Ці фактори враховувалися під час розрахунків.

Оцінка завантаженості вулиць проводилася за класифікацією:

– низька інтенсивність – 2,7-3,6 тис. авт./добу;

– середня – 8-17 тис. авт./добу;

– висока – 18-27 тис. авт./добу.

Ці межі дозволяють розділити ділянки за рівнем транспортного навантаження та прогнозувати ступінь забруднення повітря оксидом вуглецю (CO) [28].



Рис. 2.3 – Схема розташування постів досліджень у м. Одеса

Усі ці впливи різних чинників під час визначення концентрації CO ми враховували. Розрахунок концентрації CO проводився за формулою Бегма, модифікованою Шаповаловим [31] (2.1):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \times N \times K_T)K_A \times K_Y \times K_C \times K_B \times K_П, \quad (2.1)$$

де 0,5 – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження, мг/м^3;

N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на міській дорозі, авт/год.;

K_T – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в атмосферне повітря монооксидів вуглецю;

K_A – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

$K_У$ – коефіцієнт, що враховує зміни забруднення атмосферного повітря монооксидом вуглецю залежно від величини повздовжнього нахилу;

K_C – коефіцієнт, що враховує зміни концентрацій монооксиду вуглецю залежно від швидкості вітру;

K_B – коефіцієнт, що враховує зміни концентрацій монооксиду вуглецю залежно від відносної вологості повітря;

$K_П$ – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю біля перехресть.

Коефіцієнт токсичності автомобілів визначається як середній для потоку автомобілів за формулою 2.2:

$$К_т = \sum_{i=1}^{n} P_i \, R_{Ti}, \qquad (2.2)$$

де P_i – склад автотранспорту в частках одиниці;

K_{Ti} – визначається виходячи із типу автомобіля. Для легкий вантажних автомобілей він складає 2,3, для середніх вантажних – 2,9, для важкий вантажних (дизельний) – 0,2, для автобусів – 3,7, для легкових автомобілів K_{Ti} – 1,0.

Значення коефіцієнтів визначалося за довідниковими таблицями, виходячи з умов проведення досліджень:

– значення коефіцієнта K_A = 1.0 (магістральні вулиці і дороги з багатоповерховою забудовою з обох боків);

– значення коефіцієнта $K_У$ = 1.0 (повздовжний ухил, град = 0);

– коефіцієнт K_C = 2 (швидкість вітру, м/с = 2);

– коефіцієнт K_B = 1.0 (відносна вологість повітря, % = 70);

– значення коефіцієнта $K_П$ = 2.0 (тип перехрестя – саморегульоване).

Перелік пріоритетних забруднюючих речовин наведено у табл., згідно з ГДК (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі населених пунктів [28]

Забруднююча речовина	Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, (мг/м^3)	Максимально допустимі разові концентрації, (мг/м^3)	Максимальні концентрації, перевищення максимально разових ГДК (% випадків)
Пил (завислі речовини)	0,15	0,50	0,4
Двооксид сірки	0,05	0,50	-
Оксид вуглецю	3,0	5,0	-
Двооксид азоту	0,04	0,2	0,3
Оксид азоту	0,06	0,40	-
Формальдегід	0,003	0,035	-
Фенол	0,003	0,01	3,9
Хлористий водень	0,20	0,20	-
Фтористий водень	0,005	0,02	-

Значення коефіцієнтів визначалося за довідниковими таблицями, виходячи з умов проведення досліджень.

Під час розрахунків враховувалися:

– мікрокліматичні умови (температура, напрямок вітру, вологість);

– тип забудови (відкриті ділянки, ущільнена забудова, наявність зелених бар’єрів);

– сезонні фактори (зимові інверсії, літня турбулентність повітря);

– наявність зелених насаджень, які знижують концентрацію CO і пилу.

У процесі дослідження виявлено, що рівень забруднення повітря автотранспортом прямо пропорційний інтенсивності руху та складу автопарку і зворотно пропорційний швидкості вітру та наявності зелених насаджень.

Зібрані параметри дозволяють оцінити завантаженість міських вулиць, визначити зони підвищеного ризику забруднення, порівняти міста за рівнем транспортного навантаження і провести розрахунок концентрації CO у повітрі.

За результатами 2024 р. середні показники інтенсивності руху у пікові години становили:

– Запоріжжя – до 21 тис. авт./добу (висока інтенсивність);

– Дніпро – понад 25 тис. авт./добу (висока інтенсивність);

– Одеса (літній період) – до 27-30 тис. авт./добу у курортних і центральних районах.

Це свідчить про перевищення гранично допустимого навантаження на урбоекосистему й обумовлює необхідність упровадження екологічних заходів – обмеження руху, розвиток громадського транспорту, створення зелених коридорів.

2.3 Методи дослідження шумового забруднення

Вимірювання еквівалентного рівня шуму проводились за допомогою програми шумомір у мобільному телефоні, програми, що фіксує шумові впливи, похибка вимірювання ±3 дБА. Програма містить табло, що дозволяє зразу знімати показники еквівалентного рівня звуку, які вловлюються в діапазоні від 40 до 140 дБА. Вимірювання проводились за стандартною методикою.

Діагностика шумового забруднення проводилася на тих самих постах, що й дослідження автотранспортних потоків і забруднення повітря оксидом вуглецю. Для кожного міста визначено по три точки спостереження.

Вимірювання шуму проводилися у відповідності до чинних Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови (ДСН № 463, 2019 р.)[32], де для територій житлової забудови встановлено еквівалентний рівень шуму вдень 55 дБА та вночі 45 дБА, а максимально допустимі рівні — 70 та 60 дБА відповідно. У кожній точці проводили не менше трьох відліків рівня звуку протягом не менше 3 хвилин, з подальшим обчисленням еквівалентного рівня шуму $L_{A,екв}$.

Увага приділялась основним вулицям, а також міським вулицям, що надмірно перевантажені транспортними потоками.

Еквівалентний рівень шуму $L_{A,екв}$ (або Leq, А-зважений) – це енергетично усереднений рівень звуку, який характеризує змінний у часі шум одним сталим значенням, еквівалентним за енергетичним впливом. Оскільки безперервно вимірювати шум складно, у практиці беруть кілька вимірів шуму, а еквівалентний рівень розраховують за формулою [33-34]:

$$L_{A,екв} = 10 log_{10}\left(\frac{10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \cdots + 10^{\frac{L_n}{10}}}{n}\right), \quad (2.3)$$

де:

L_1, L_2, …, L_n – рівні шуму, зафіксовані шумоміром у кожному інтервалі;

n – кількість вимірів.

У наших дослідженнях використано 3 вимірювання по 3 хвилини кожне.

Це основний показник для оцінки шумового забруднення в урбоекосистемах і є обов’язковим у санітарних, екологічних та містобудівних нормативах [35-36].

Щоб простежити динаміку сезонного шумового навантаження, на визначених точках, заміри проводились в осінній, зимовий, весняний та літній період. Особлива увага приділялась встановленню основних джерел впливу, інтенсивності шумового навантаження вздовж автомобільних шляхів та біля

житлових будинків, які знаходяться вздовж доріг, зупинкам громадського транспорту.

2.4 Статистична обробка отриманих результатів

Статистичну обробку інформації проводили за загальноприйнятими методиками, із використанням середніх арифметичних величин і застосовували тоді, коли первинні (вихідні) дані були наведені у такому вигляді, що загальний обсяг ознаки для усієї сукупності можна одержати шляхом підсумовування їх у всіх одиницях [37] .

Помилка репрезентативності середнього значення розраховувала стіл за формулою 2.4:

$$m = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n}} \tag{2.4}$$

m – помилка репрезентативності;

δ – середньоквадратичне відхилення.

Середньоквадратичне відхилення визначали за формулою 2.5:

$$\delta = \sqrt{\frac{(V-M)2}{n}} \tag{2.5}$$

де V – абсолютне значення ознаки (см);

M – середнє арифметичне значення ряду вибірки.

Підготовлені до обробки дані (масових промірів та уловів) оброблялися на персональному комп'ютері, для операцій з базами даних також використовувалися стандартні математичні програмні пакети (Microsoft Excel 2019).

Після проведення вимірювань для кожного з досліджуваних варіантів обчислюють середню значення величини

$$x \pm m,$$

де m – помилка середнього арифметичного, яку визначають так (2.6):

$$m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}}, \quad (2.6)$$

де N – кількість результатів;

σ^2 – дисперсія, яку визначають за виразом (2.7):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x-\overline{x})^2}{N}. \quad (2.7)$$

Достовірність різниці середніх арифметичних t розраховується за критерієм Стьюдента-Фішера (2.8):

$$t = \frac{\overline{x_1}-\overline{x_2}}{\sqrt{m_1^2-m_2^2}}, \quad (2.8)$$

x_2 – середнє арифметичне значення показника у досліджуваному варіанті;

m_1 – помилка середнього арифметичного в контрольному досліді;

m_2 – те ж у досліджуваному варіанті.

Якщо фактично встановлена величина t більше або дорівнює критичному (стандартному) значенню t_{st} роблять висновок про існування статистично достовірної різниці між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіанті. Якщо ж фактична величина t менша за t_{st}, різницю між середніми вважають статистично недостовірною. Відсутність статистично достовірної різниці між середніми значеннями біопараметру у контрольному та досліджуваному варіанті свідчить про відсутність значних змін величин, в порівнянні з контрольним варіантом [37-41].

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Результати дослідження впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем

Віковий склад автотранспортного парку є одним із визначальних чинників, що впливають на рівень забруднення атмосферного повітря урбоекосистем. Старі автомобілі характеризуються підвищеним споживанням палива, зниженим ККД двигунів та вищими викидами оксиду вуглецю (CO), оксидів азоту (NO_x), сірки та зважених частинок ($PM_{2.5}$).

За результатами аналізу даних реєстрації транспортних засобів у регіональних сервісних центрах МВС України (станом на 2024 рік), у трьох досліджуваних містах – Запоріжжі, Дніпрі та Одесі – спостерігається схожа тенденція старіння автопарку, що є характерною для більшості урбанізованих територій України [42-45].

У структурі автопарку міста Запоріжжя переважають транспортні засоби, що експлуатуються понад 10 років. Частка таких автомобілів становить близько 46 % від загальної кількості зареєстрованих транспортних засобів. На автомобілі віком до 5 років припадає орієнтовно 28 %, тоді як від 5 до 10 років – 18 %. Нові автомобілі, що перебувають в експлуатації до 3 років, становлять лише 8 %. Основна частка автопарку – це легкові автомобілі з бензиновими двигунами (понад 60 %), тоді як дизельний транспорт – близько 25 %, гібриди й електромобілі – близько 5 %.

Така структура обумовлює високий рівень токсичності викидів, особливо на магістралях із щільним рухом (просп. Соборний, Набережна магістраль), де концентрації оксиду вуглецю в пікові години перевищують нормативи у 1,3-1,5 раза.

Автотранспортна система Дніпра характеризується високою насиченістю та різновіковим складом. У місті експлуатується понад 220 тис. одиниць автотранспорту, з яких: понад 50 % – автомобілі старше 10 років;

близько 30 % – транспорт віком від 5 до 10 років; 15 % – автомобілі віком до 5 років лише 5 % – нові транспортні засоби до 3 років експлуатації.

Парк громадського транспорту (автобуси, маршрутні таксі) також є переважно застарілим: понад 70 % автобусів експлуатуються понад 12 років. Це створює підвищений рівень забруднення в районах інтенсивного руху – на проспекті Науки, Слобожанському проспекті та в центральній частині міста.

У місті спостерігається поступове оновлення парку за рахунок електробусів і гібридних автомобілів, частка яких у 2025 р. перевищила 6 %, однак екологічний ефект від їх впровадження поки не компенсує викиди старого транспорту [42-45].

Автопарк Одеси має найбільшу питому частку нових автомобілів серед досліджуваних міст, що зумовлено високою купівельною спроможністю населення та розвитком туристичної інфраструктури. Проте значна кількість старих автомобілів, імпортованих із ЄС, продовжує експлуатуватися у місті.

За даними управління транспорту Одеської міської ради (2024 р.): 39 % автопарку становлять автомобілі віком понад 10 років; 31 % – транспорт віком від 5 до 10 років; 20 % – автомобілі віком до 5 років; 10 % – нові автомобілі (до 3 років експлуатації).

У літній період навантаження на транспортну систему Одеси значно зростає – через туристичний потік кількість автомобілів на дорогах збільшується на 25-30 %, що посилює рівень забруднення повітря оксидом вуглецю та твердими частинками (PM_{10}).

Частка електромобілів і гібридів у структурі автопарку становить близько 7 %, а місто входить до трійки українських лідерів за темпами електрифікації приватного транспорту.

Порівняльна характеристика вікової структури автотранспорту наведена у табл. 3.1, де бачимо, що в усіх трьох містах домінує старий автотранспорт (понад 10 років), частка якого перевищує 40-50 %. Найбільш оновленим є автопарк Одеси, що пояснюється активним оновленням легкових автомобілів приватного сектору. Дніпро має найвищу частку старого комерційного

транспорту (вантажні авто, автобуси), що спричиняє підвищений рівень CO і NO_2 у центральній частині міста. Запоріжжя відзначається середнім рівнем оновлення автопарку, але значним домінуванням бензинових двигунів і низькою часткою екологічно чистого транспорту. За прогнозами, без масштабного оновлення парку автотранспорт залишатиметься головним джерелом забруднення повітря у всіх трьох урбоекосистемах принаймні до 2027 року.

Таблиця 3.1 – Віковий склад автотранспорту у містах Запоріжжя, Дніпро, Одеса (2024 р.), %

Категорія віку транспортного засобу	Запоріжжя	Дніпро	Одеса
До 3 років	8	5	10
3-5 років	20	10	20
5-10 років	18	30	31
Понад 10 років	46	50	39
Електромобілі та гібриди (у загальній структурі)	~4	~6	~7

Нами визначений коефіцієнт токсичності, як сумарне значення добутку складу автотранспорту у частках одиниці на тип автомобіля та концентрація CO в урбоекосистемах, що досліджувалися восени 2024 року (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Коефіцієнт токсичності та концентрація монооксиду вуглецю в урбоекосистемах, що досліджувалися восени 2024 року

Місто	Точка спостереження	Коефіцієнт токсичності (КТ)	Концентрація CO, мг/м³
Запоріжжя	1	1,74 ± 0.03	28,6 ± 1.9
	2	1,58 ± 0.02	22,4 ± 1.4
	3	1,42 ± 0.03	19,3 ± 1.2
Дніпро	1	1,51 ± 0.02	17,8 ± 1.1
	2	1,34 ± 0.02	14,9 ± 0.9
	3	1,28 ± 0.02	13,6 ± 1.0
Одеса	1	1,29 ± 0.02	12,7 ± 0.6
	2	1,21 ± 0.01	10,9 ± 0.5
	3	1,18 ± 0.02	9,8 ± 0.6

Дані таблиці свідчать, що всі міста демонструють перевищення ГДК CO (5 мг/м³) у 2-6 разів. Найбільші значення нами спостерігається у Запоріжжі, що відповідає високій частці старих авто (~46 % віком >10 років); найнижчі показники виявлено у Одесі, що має найновіший автопарк і кращу аерацію прибережної зони.

Результати досліджень, проведених зимою 2024-2025 року наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт токсичності та концентрація монооксиду вуглецю в урбоекосистемах, що досліджувалися зимою 2024-2025 року

Місто	Точка спостереження	Коефіцієнт токсичності (КТ)	Концентрація CO, мг/м³
Запоріжжя	1	1.62 ± 0.02	31.4 ± 2.1
	2	1.47 ± 0.03	23.8 ± 1.7
	3	1.33 ± 0.01	21.1 ± 1.4
Дніпро	1	1.41 ± 0.02	20.5 ± 1.5
	2	1.26 ± 0.02	17.9 ± 1.1
	3	1.22 ± 0.01	16.4 ± 1.2
Одеса	1	1.25 ± 0.02	15.1 ± 0.9
	2	1.17 ± 0.02	13.6 ± 0.8
	3	1.14 ± 0.02	12.2± 0.9

З таблиці бачимо, що найвищі концентрації CO у Запоріжжі (до 31 мг/м³) що в 6 разів вище ГДК; у Дніпрі – перевищення у 3.5-4 рази, в Одесі – 2.5-3 рази. Високі значення зумовлені температурними інверсіями та низькою швидкістю вітру у зимові місяці, що призводить до підвищення концентрацій CO у всіх містах.

Результати досліджень, проведених весною 2025 року наведено в табл. 3.4.

З таблиці видно, що всі міста демонструють зменшення CO на 20-30 % порівняно з зимою. Але Запоріжжя продовжує залишатися найбільш забрудненим, Одеса – найбільш вентильоване місто , що дозволяє отримувати найнижчі концентрації.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт токсичності та концентрація монооксиду вуглецю в урбоекосистемах, що досліджувалися весною 2025 року

Місто	Точка спостереження	Коефіцієнт токсичності (КТ)	Концентрація CO, мг/м³
Запоріжжя	1	1.51 ± 0.02	22.8 ± 1.3
	2	1.32 ± 0.02	18.4 ± 1.0
	3	1.27 ± 0.01	16.0 ± 0.9
Дніпро	1	1.29 ± 0.02	15.6 ± 0.7
	2	1.21 ± 0.01	13.4 ± 0.6
	3	1.19 ± 0.02	12.1 ± 0.7
Одеса	1	1.17 ± 0.01	11.0 ± 0.5
	2	1.12 ± 0.02	9.8 ± 0.5
	3	1.11 ± 0.02	8.9 ± 0.4

Результати досліджень, проведених влітку 2025 року наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Коефіцієнт токсичності та концентрація монооксиду вуглецю в урбоекосистемах, що досліджувалися в літку 2025 року

Місто	Точка спостереження	Коефіцієнт токсичності (КТ)	Концентрація CO, мг/м³
Запоріжжя	1	1.88 ± 0.03	34.5 ± 2.3
	2	1.69 ± 0.04	26.8 ± 1.9
	3	1.55 ± 0.03	22.7 ± 1.8
Дніпро	1	1.63 ± 0.03	24.1 ± 1.7
	2	1.49 ± 0.02	20.5 ± 1.2
	3	1.45 ± 0.03	18.9 ± 1.3
Одеса	1	1.52 ± 0.02	19.7 ± 1.1
	2	1.37 ± 0.02	17.2 ± 1.0
	3	1.31 ± 0.02	15.8 ± 0.9

За нашими розрахунками найвищі значення CO зберігаються у Запоріжжі (до 34,5 мг/м³) що відповідає 7-9 ГДК, У Дніпрі перевищення становить 4-6 ГДК, В Одесі підвищення пов’язане з туристичним сезоном та зростанням автопотоку на Фонтанській дорозі.

Збільшення викидів від автотранспорту відбувається через: збільшення кількості і погіршення технічного стану автомобільного парку, незадовільну

якість палива, відставання темпів розвитку вулично-шляхової мережі, труднощі обліку великої кількості автотранспорту як джерела забруднення атмосфери (приватний автотранспорт, транзит), недостатньо розвинену законодавчу та юридичну базу для ефективного управління автотранспортом як екологічно небезпечним об'єктом [46-50].

Автотранспорт, чисельність якого на вулицях міст України постійно зростає, негативно впливає на самопочуття їх мешканців, чинячи як пряму, так і опосередковану дію: шум, забруднення повітря й прилеглих ґрунтів, ущільнення грунтів тощо. Особливо значне забруднення спостерігається поблизу світлофорів та перехресть вулицю, де автомобілі змінюють швидкість або мотори працюють на холостому ходу [50].

3.2 Діагностика шумового забруднення урбоекосистем Запоріжжя, Дніпра та Одеси

Дослідження проводилися у чотири пори року 2024-2025 рр. (осінь, зима, весна, літо) в денний час у період пікової інтенсивності руху (7:00-9:00; 12:00-14:00; 17:00-19:00). Для кожної точки визначали середньоденний еквівалентний рівень шуму, за методикою наведеною у другому розділі та розраховували за формулою 2.3. При аналізі отриманих даних використовувалися такі нормативи для порівняння, згідно з ДСН 463-2019 [32] (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Допустимі рівні шуму (ДСН 463-2019)

Зона	Еквівалентний рівень, дБА	Максимальний, дБА
Житлова забудова (день)	55 дБА	70 дБА
Житлова забудова (ніч)	45 дБА	60 дБА

Дослідження еквівалентного рівня шуму в урбоекосистемах Запоріжжя, Дніпро, Одеса восени 2024 року представлено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Еквівалентний рівень шуму в урбоекосистемах восени 2024 р.

Місто	Точка спостереження	Еквівалентний рівень шуму, дБА
Запоріжжя	Пост 1	76,0 ± 1,5
	Пост 2	74,2 ± 1,3
	Пост 3	72,1 ± 1,2
Дніпро	Пост 1	73,0 ± 1,4
	Пост 2	71,2 ± 1,2
	Пост 3	69,4 ± 1,1
Одеса	Пост 1	71,0 ± 1,3
	Пост 2	68,3 ± 1,0
	Пост 3	67,1 ± 1,0

Восени 2024 р. на всіх дослідних ділянках фіксувалося перевищення еквівалентних рівнів шуму над нормативом 55 дБА на 12-21 дБА. Найвищі значення зареєстровано в м. Запоріжжя на магістральних вулицях із щільною багатоповерховою забудовою, де рівні шуму досягали ≈76 дБА, що відповідає типових значенням транспортного шуму на головних магістралях великих міст (70-80 дБА).

У Дніпрі рівні шуму дещо нижчі, але також стабільно знаходяться вище 70 дБА на магістральних проспектах. В Одесі найменші значення відмічаються на проспекті Шевченка, де поєднуються транспортне навантаження та порівняно кращі умови аерації та озеленення.

Дослідження еквівалентного рівня шуму в урбоекосистемах Запоріжжя, Дніпро, Одеса взимку 2024-2025 року представлено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Еквівалентний рівень шуму взимку 2024-2025 рр.

Місто	Точка спостереження	Еквівалентний рівень шуму, дБА
Запоріжжя	Пост 1	75,2 ± 1,6
	Пост 2	73,1 ± 1,4
	Пост 3	71,0 ± 1,3
Дніпро	Пост 1	72,0 ± 1,5
	Пост 2	70,1 ± 1,3
	Пост 3	68,2 ± 1,2
Одеса	Пост 1	69,0 ± 1,2
	Пост 2	66,4 ± 1,1
	Пост 3	65,1 ± 1,0

У зимовий період 2024-2025 року. рівні шуму залишаються сталими або трохи нижчими**,** ніж восени, що пов’язано з деяким зменшенням інтенсивності пішохідного руху, але практично незмінним транспортним потоком. У той же час, через зимові метеорологічні умови (інверсії, низька швидкість вітру) шумове навантаження суб’єктивно сприймається вище.

На більшості постів значення перевищують допустимі рівні для сельбищних територій (55 дБА) на 10-20 дБА**,** а максимально допустимі значення (70 дБА) також перевищуються на магістральних ділянках Запоріжжя та Дніпра.

Далі розглянемо значення еквівалентного рівня шуму в урбоекосистемах Запоріжжя, Дніпро, Одеса отримані навесні 2025 року (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Еквівалентний рівень шуму навесні 2025 р.

Місто	Точка спостереження	Еквівалентний рівень шуму, дБА
Запоріжжя	Пост 1	73,1 ± 1,4
	Пост 2	71,0 ± 1,3
	Пост 3	69,2 ± 1,2
Дніпро	Пост 1	70,0 ± 1,3
	Пост 2	68,1 ± 1,1
	Пост 3	66,3 ± 1,0
Одеса	Пост 1	68,0 ± 1,2
	Пост 2	65,2 ± 1,0
	Пост 3	64,0 ± 0,9

Навесні 2025 р. спостерігається незначне зменшення рівнів шуму (на 1-3 дБА) у порівнянні із зимовим періодом, що пояснюється стабілізацією дорожнього руху після зимових умов та дещо кращими можливостями провітрювання міського середовища. Проте всі виміряні значення залишаються вище нормативних рівнів для житлової забудови, що вказує на сталий характер шумового навантаження, зумовленого автотранспортом. За даними низки досліджень, тривала дія шуму понад 65-70 дБА може призводити до підвищення ризику серцево-судинних та нервово-психічних розладів у населення [36, 51-53].

Дослідження еквівалентного рівня шуму в урбоекосистемах Запоріжжя, Дніпро, Одеса влітку 2025 року представлено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Еквівалентний рівень шуму влітку 2025 р.

Місто	Точка спостереження	Еквівалентний рівень шуму, дБА
Запоріжжя	Пост 1	78,0 ± 1,7
	Пост 2	76,1 ± 1,5
	Пост 3	74,0 ± 1,4
Дніпро	Пост 1	76,0 ± 1,6
	Пост 2	74,0 ± 1,4
	Пост 3	72,2 ± 1,3
Одеса	Пост 1	75,0 ± 1,5
	Пост 2	73,1 ± 1,3
	Пост 3	71,0 ± 1,2

У літній період 2025 р. рівні шуму в усіх трьох урбоекосистемах досягають максимальних значень за рік**.** Це зумовлено: зростанням інтенсивності дорожнього руху (службові, сезонні, туристичні поїздки); збільшенням частки легкових автомобілів у години пік; активнішим використанням рекреаційних зон (особливо в Одесі на Фонтанській дорозі).

На окремих магістральних ділянках у Запоріжжі та Дніпрі рівні шуму перевищують 75-78 дБА, що відповідає даним інших досліджень щодо шумового забруднення на магістральних вулицях великих українських міст [54].

Таким чином, влітку фактично всі виміряні значення перевищують не лише еквівалентні нормативи (55 дБА), а й максимально допустимі рівні 70 дБА для сельбищних територій, що свідчить про високий ризик акустичного дискомфорту та потенційний негативний вплив на здоров’я населення.

Узагальнюючи результати діагностики шумового забруднення, можемо довести, що в усі сезони 2024-2025 рр. у містах Запоріжжя, Дніпро та Одеса спостерігається стійке перевищення нормативних рівнів шуму на магістральних вулицях.

Запоріжжя демонструє найвищі показники еквівалентного рівня шуму серед трьох міст, що корелює з високою інтенсивністю транспортних потоків

та значною часткою застарілого автотранспорту.

Дніпро характеризується дещо нижчими, але також наднормативними рівнями шуму, особливо на проспекті Науки та Слобожанському проспекті.

Одеса має найнижчі серед досліджуваних міст значення, однак у літній період, за рахунок туристичного навантаження, рівні шуму в прибережній зоні (Фонтанська дорога) також наближаються до 75 дБА.

Усі зафіксовані рівні шуму перевищують санітарні норми для територій житлової забудови, що підкреслює необхідність розроблення та впровадження заходів шумозахисту (шумозахисні екрани, зелені насадження, зміна схем руху, обмеження швидкості, розвиток громадського транспорту).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Під час виконання досліджень впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем, зокрема вимірювання шумового навантаження та інтенсивності руху, дослідники підпадають під дію чинного законодавства України у сфері охорони праці. Основними нормативними документами є:

– Закон України «Про охорону праці» [55];

– Кодекс цивільного захисту України [56];

– ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми шуму» [51];

– ДСП 201-2019 «Охорона атмосферного повітря населених місць» [46];

– ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протидії небезпечним факторам» [57];

– Правила безпеки при роботі з вимірювальною апаратурою.

Проведення польових досліджень здійснюється переважно у зоні активного транспортного руху, що створює низку виробничих ризиків, пов’язаних з підвищеним рівнем шуму; забрудненням атмосферного повітря токсичними газами; можливістю ДТП; впливом несприятливих метеорологічних умов; психофізіологічним навантаженням під час тривалих спостережень.

Головним завданням системи охорони праці є усунення небезпечних факторів або зниження їх впливу до нормативних рівнів.

Під час проведення польових досліджень було ідентифіковано такі фактори ризику:

1. Фізичні фактори:

– шум підвищеної інтенсивності (70-80 дБА) – під час роботи на транспортних магістралях. Довготривалий вплив може спричиняти втому, погіршення слуху та загальне перенапруження;

– небезпечна близькість до транспортних потоків**.** Ризик отримання травм під час вимірювань на узбіччі чи перехрестях;

– незадовільні погодні умови: дощ, сніг, ожеледь, сильний вітер,

обмежена видимість.

2. Хімічні фактори:

– оксид вуглецю (CO) – основний токсикант транспортного походження. Перевищення ГДК може спричинити головний біль, запаморочення, гіпоксію;

– оксиди азоту, бензол, формальдегід, дрібнодисперсний пил PM2.5, PM10**.** Ці речовини виявлені на транспортних магістралях відповідно до даних державного моніторингу.

3. Психофізіологічні фактори:

– зорове навантаження під час тривалого спостереження за транспортом;

– монотонність роботи;

– стрес під час перебування у зоні інтенсивного руху.

Тому при проведенні експериментальних досліджень та спостережень треба використовувати заходи захисту та дотримуватися безпечних умов проведення польових вимірювань.

Для мінімізації ризиків під час виконання досліджень необхідно дотримуватися таких заходів:

1. Організаційні заходи:

– проведення інструктажу з охорони праці перед початком робіт;

– вибір безпечного місця для спостереження на відстані мінімум 1,5–2 м від проїжджої частини;

– використання супроводжуючої особи при роботі на жвавих перехрестях;

– планування вимірювань у світлий час доби у межах оптимальних погодних умов;

– маркування місця проведення досліджень сигнальною стрічкою або конусами.

2. Технічні засоби безпеки:

– носіння світловідбивного жилета.

– використання шумометрів, захищених від атмосферних впливів.

– мобільний зв’язок для екстреного реагування.

3. Засоби індивідуального захисту:

– респіратори класу FFP2 або FFP3;

– захисні окуляри;

– навушники або вкладиші-шумопоглиначі;

– утеплений або водонепроникний одяг за сезоном.

4. Профілактика хімічних ризиків:

– обмеження безперервного перебування біля місця вимірювання до 20-30 хв.;

– зменшення частоти вимірювань у періоди інверсій, туманів, застійних явищ:

– використання газоаналізаторів для постійного контролю фонових концентрацій.

Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження у міських умовах можуть супроводжуватися загрозами техногенного та природного характеру. Головним документом, що регламентує дії персоналу, є Кодекс цивільного захисту України [56]. Під час проведення експериментальних вимірювань можливі надзвичайні ситуації техногенного характеру, такі як: дорожньо-транспортні пригоди поруч із місцем проведення досліджень; аварійні викиди газів або пожежі на транспортних засобах; порушення роботи інженерних мереж (газ, електрика, тепломережі); вихід з ладу пересувних джерел небезпеки (цистерн, вантажівок). Також треба урахувати надзвичайні ситуації природного характеру: штормові вітри (актуально для Одеси); ожеледь, буревій, зниження видимості; аномальна спека (актуально для Запоріжжя та Дніпра).

Тому при проведенні досліджень треба додержуватися алгоритму дій дослідника при виникненні надзвичайних ситуацій:

1. Негайно припинити вимірювання.
2. Відійти на безпечну відстань від проїжджої частини.
3. Повідомити відповідальні служби (101, 102 або 104 залежно від

ситуації).

4. Вжити заходів з надання першої допомоги потерпілим (у разі навчання та сертифікації).

5. Використовувати засоби індивідуального захисту (респіратори, окуляри).

6. Уникати зон задимлення та отруйних газів при ДТП чи пожежах.

Оцінювання ризиків здійснювалося методом матриці ймовірності та тяжкості наслідків**,** згідно з європейською методологією HAZID [58].

Небезпечний фактор	Ймовірність	Наслідки	Рівень ризику	Заходи
Транспортний рух	Висока	Важкі травми	Високий	Відстань 2 м, супровідна особа, жилет
Шум (≥75 дБА)	Висока	Погіршення слуху	Середній	Навушники, обмеження часу
CO (≥10 мг/м³)	Середня	Гіпоксія	Середній	Респіратор FFP2, обмеження часу
Погодні фактори	Середня	Травми, обмороження	Низький	Погодне планування робіт
Стрес і втома	Середня	Помилки	Середній	Регламентовані перерви

Отже, під час польових екологічних досліджень дослідники зазнають впливу низки шкідливих і небезпечних факторів, пов’язаних з інтенсивним транспортним рухом, шумом, хімічними забруднювачами та природними явищами. Забезпечення безпечних умов праці можливе лише за умови використання засобів індивідуального захисту, дотримання інструкцій, правильного вибору місця спостереження та організаційних заходів. Дотримання вимог охорони праці та рекомендацій цивільного захисту суттєво знижує ризики під час роботи в умовах міських транспортних коридорів. Розроблені рекомендації можуть бути використані як методична основа для безпечного проведення екологічних та транспортних досліджень у будь-яких урбоекосистемах України.

З огляду на те, що під час проведення досліджень та написання кваліфікаційної роботи магістра, станом на 2024-2025 роки, в Україні тривають активні бойові дії та періодичні ракетні обстріли території, забезпечення безпеки дослідників потребує додаткових заходів. Робота у межах урбоекосистем під час воєнного стану регламентується:

- Кодексом цивільного захисту України [56];
- Законом України «Про правовий режим воєнного стану» [59];
- Національною системою оповіщення;
- Наказами місцевих військових адміністрацій;
- Інструкціями ДСНС щодо дій під час повітряних тривог та ракетних загроз [60].

Польові дослідження в районах транспортної інфраструктури (магістралі, перехрестя, поблизу промислових об’єктів) відбуваються у відкритому просторі, що підвищує ризики у разі запуску балістичних чи крилатих ракет, ударів безпілотних апаратів або уламкового ураження.

Основні воєнні ризики для дослідників, це:

– повітряні тривоги**,** пов’язані з ракетною небезпекою (крилаті, балістичні ракети, дрони-камікадзе);

– уламкові ураження при перехопленні ракет або дронів ППО;

– ураження ударними хвилями, осколками, склом;

– ризик потрапляння під артилерійський обстріл (актуально для Запоріжжя та частково Дніпра);

– пожежі або аварії унаслідок ударів по інфраструктурі;

– перебої з мобільним зв’язком, електрикою, транспортом, що ускладнює евакуацію.

Під час досліджень необхідно суворо дотримуватися алгоритму:

1. Негайно припинити всі вимірювальні роботи після сигналу «Повітряна тривога».
2. Вимкнути обладнання**,** щоб уникнути його пошкодження.
3. Переміститися до найближчого укриття**,** яке зазначено у місцевих

офіційних переліках (сховища, підвали, паркінги, переходи метро).

4. Дотримуватися правил:

– не стояти біля вікон, скляних конструкцій, автозаправок, мостів;

– уникати відкритої місцевості та широких вулиць;

– не перебігати дороги під час евакуації.

5. Залишатися в укритті до офіційного сигналу «Відбій».

6. У разі перебування далеко від укриття – знайти найближче безпечне місце: заглиблення у рельєфі, підземні переходи, бетонні конструкції.

7. При відсутності укриття поблизу – лягти на землю, закривши голову руками, на відстані не менше 30 м від транспортних засобів.

При проведенні польових досліджень треба дотримуватися таких організаційних заходів безпеки під час воєнного стану:

1. Перед початком робіт обов’язково перевіряти карту укриттів міста та планувати маршрути таким чином, щоб кожна точка досліджень мала укриття в радіусі до 100-200 метрів.

2. Погоджувати час робіт із місцевими військовими адміністраціями**,** якщо дослідження проводяться в потенційно небезпечних зонах.

3. Проводити вимірювання у світлий час доби**,** уникаючи годин з підвищеною ймовірністю атак.

4. Завжди мати при собі: мобільний телефон із додатком «Повітряна тривога»; павербанк; аптечку; ліхтар; копії документів.

5. Забороняється виконувати вимірювання:

– біля потенційно небезпечних об’єктів (ТЕЦ, порти, залізничні вузли);

– біля інфраструктури, що була об’єктом атак у минулому;

– під час довготривалих повітряних тривог.

6. Ніколи не проводити дослідження самостійно – лише у команді 2-3 осіб.

7. Під час повітряних тривог не використовувати металеве вимірювальне обладнання на відкритому просторі.

8. Не проводити вимірювання під час обстрілів, гучних вибухів, роботи ППО – навіть якщо тривога не оголошена.

9. У випадку відсутності зв’язку – евакуюватися в укриття без очікування сигналу.

10. Під час роботи біля дороги під час воєнних дій зростає стресогенність, тому необхідно робити регламентовані перерви, контролювати психофізичний стан членів групи.

Дії у разі прямої загрози:

- у разі появи дронів – різко залишити відкрите місце, сховатися у бетонній споруді або підземці;
- у разі ракетного удару поблизу – уникнути місць пожежі, обірваних ліній електропередач, вибухонебезпечних предметів;
- у разі пошкодження інфраструктури – не наближатися до місць витоку газу, обвалів, розбитих будівель;
- у разі наявності постраждалих – надати першу допомогу (за наявності допуску та навичок), викликати 103.

Таким чином, проведення польових екологічних досліджень у містах України вимагає особливих заходів безпеки, пов’язаних з високим ризиком ракетних атак, обстрілів та дій ППО. Дотримання алгоритму дій під час повітряної тривоги є обов’язковою умовою збереження життя дослідників. Включення додаткових елементів воєнної безпеки істотно знижує ризики під час роботи у відкритому міському просторі. Впроваджені заходи дають можливість безпечно виконувати екологічні дослідження навіть в умовах підвищеної загрози [61,62].

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра здійснено комплексне дослідження впливу автотранспортних перевезень на стан урбоекосистем великих міст України – Запоріжжя, Дніпра та Одеси. Робота охоплює теоретичний аналіз, польові та лабораторні дослідження, розрахункові та статистичні методи, а також формування практичних рекомендацій щодо зниження техногенного навантаження. На основі виконаних досліджень отримано такі узагальнені висновки.

1.Урбоекосистеми великих міст є складними антропо-природними системами, чутливими до впливу транспортних потоків**,** які формують основне екологічне навантаження на атмосферне повітря, акустичне середовище та здоров'я населення. Аналіз наукової літератури засвідчив, що автотранспорт у сучасних містах України виступає одним з ключових джерел забруднення, формуючи 60-80 % викидів у приземному шарі атмосфери.

2.Проведена характеристика урбоекосистем Запоріжжя, Дніпра та Одеси показала, що всі три міста мають інтенсивно розвинені транспортні мережі**,** значну частку застарілого автопарку та високу концентрацію магістральних вулиць у щільній житловій забудові. Запоріжжя характеризується найбільшим техногенним навантаженням через поєднання важкої промисловості та великої кількості приватного транспорту; Дніпро – як транзитний та логістичний центр; Одеса – сезонними піками транспортної активності, пов'язаними з туристичними потоками.

3.Результати вимірювань інтенсивності руху та структури автопарку засвідчили домінування легкових автомобілів віком понад 10 років у Запоріжжі та Дніпрі, що визначає підвищені значення коефіцієнта токсичності (КТ). У 2024-2025 рр. середні значення КТ становили: у Запоріжжі – 1,55-1,88; у Дніпрі – 1,28-1,63; в Одесі – 1,18-1,52, що узгоджується з віковою структурою та технічним станом автотранспорту.

Концентрації оксиду вуглецю у всіх містах стабільно перевищували гранично допустиму концентрацію (5 мг/м³)**.** Найвищі значення зафіксовано в Запоріжжі – до 34,5 мг/м³ влітку (7-9 ГДК). У Дніпрі концентрації досягали 20-24 мг/м³ (4-6 ГДК), а в Одесі – 15-20 мг/м³ (3-4 ГДК). Аналіз сезонної динаміки показав: максимальні показники характерні для літа та зими, мінімальні – для весни, що зумовлено змінами інтенсивності руху, метеорологічними умовами та провітрюванням міських вулиць.

4.Шумове забруднення на всіх постах спостереження також перевищує нормативи ДСН 463-2019, де еквівалентний рівень шуму для житлових територій не повинен перевищувати 55 дБА. У Запоріжжі рівні шуму досягали 78 дБА, у Дніпрі – 76 дБА, в Одесі – 75 дБА. Підвищені значення фіксувалися на магістральних вулицях з щільною забудовою, інтенсивним рухом та значною часткою важкого транспорту. Літні показники в Одесі суттєво збільшуються через туристичний сезон.

5.Виявлено просторові та сезонні закономірності формування техногенного навантаження, зокрема: найбільш забрудненими ділянками є центральні магістралі з багатоповерховою забудовою; у зимовий період концентрації CO зростають через метеорологічні інверсії; у літній період підвищення зумовлено зростанням транспортних потоків; рекреаційні зони Одеси мають сезонно підвищений рівень шуму та CO.

6.Розроблено комплекс практичних рекомендацій, спрямованих на зниження викидів CO та шумового забруднення. Серед найбільш ефективних заходів: розвиток мережі електротранспорту, оновлення автопарку, впровадження інтелектуальних транспортних систем, оптимізація дорожнього руху, створення зелених буферних смуг, встановлення шумозахисних екранів та обмеження швидкості на магістральних ділянках. Запропоновані рішення адаптовано до специфіки кожного міста.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Нами розроблено загальноміські стратегічні рекомендації та окремо рекомендації для м. Запоріжжя, м. Дніпро і м. Одеса.

До загальних заходів ми відносимо: стимулювати перехід на євростандарти Євро-5 / Євро-6; розширити поетапно виводити з експлуатації автомобілі старші 20 років, які є найбільшими джерелами CO, запровадження «зеленої хвилі» на світлофорах; введення Розумної транспортної системи (ITS) для адаптивного управління трафіком; мінімізація тривалості простоїв у заторах; створення виділених смуг для громадського транспорту; перенесення транзитного транспорту (особливо вантажного) за межі житлових районів; будівництво розв'язок і кілець для уникнення під'їзду важких авто до центру; створення зелених коридорів уздовж магістралей; насадження дерев із інтенсивною фільтрацією CO_2 та пилу (липа, катальпа, клен гостролистий); встановлення прозорих акрилових або металевих поглинаючих екранів у місцях зі значними перевищеннями – поблизу житлових будинків і лікарень та ін., заміна старого дорожнього покриття; створення «зон 30 км/год» у житлових районах; встановлення камер контролю швидкості; створення смуг густої багаторядної рослинності; висадка дерев із щільною структурою крон (ялина, туя, граб); заборона проїзду фур у денний час у центральних районах; перенесення важкого транспорту на об'їзні маршрути.

Це сприятиме покращенню екологічного стану досліджуваних урбоекосистем.

Далі наведено рекомендації для окремих міст.

Запоріжжя: термінове перенесення транзитного транспорту з Набережної магістралі на альтернативні маршрути; шумозахисні екрани на ділянці просп. Соборного (житлова забудова обох боків); прискорене оновлення парку маршрутних таксі – заміна двигунів Євро-2 і Євро-3 на Євро-5; розширення тролейбусної мережі у районах з найвищим CO; створення

зеленої буферної смуги: Набережна магістраль – City Mall – до греблі ДніпроГЕС.

Дніпро: розвиток електробусного руху на маршрутах через центр; облаштування виділених смуг на проспекті Науки та Слобожанському проспекті; встановлення шумопоглинального покриття на Науки-Короленка; Створення «зеленої дуги» по вул. Моніторній (поглинання CO та пилу); розгортання смарт-світлофорів у центрі для зменшення накопичення транспорту.

Одеса: введення сезонних обмежень на приватний транспорт у рекреаційній зоні (Аркадія, Фонтанська дорога); розширення трамвайної мережі вздовж узбережжя; встановлення акрилових шумозахисних екранів у курортних районах; озеленення меридіональних вулиць, що ведуть до моря (поглинання CO); створення мережі П+R (перехоплювальних парковок) на Київському шосе.

Запропоновані заходи дозволяють: зменшити концентрації CO на 25-40 %, послабити шумове забруднення на 7-15 дБА, що відповідає цілям ДСП 201-2019 та рекомендаціям ВООЗ.

Найбільша потреба у негайних заходах – Запоріжжя, де інтенсивність руху та структура автопарку формують критичний рівень забруднення.

Для досягнення стійкого ефекту містам необхідно переходити до інтегрованого управління міською мобільністю (SUMP) за європейським стандартом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1.Василенко І.А., Півоваров О.А., Трус І.М., Іванченко А.В. Урбоекологія. Дніпро: Акцент ПП, 2017. 309 с.

2. Войтків П.С. Конструктивно-географічні дослідження урбосистем : навчальний посібни. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 118 с.

3. Чайка В.М., Рубежняк І Г., Міняйло А.А. Екологія міських екосистем (урбоекологія): підручник. Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2017. 483 с.

4. Гавриленко О.П. Навчально-методичний комплекс до навчальної дисципліни «Урбоекологія»: на вчальне видання. Київ, 2023. 31 с.

5. Викиди від транспорту і як з ними боротися. URL: https://ecoaction.org.ua/vykydy-vid-transportu.html?utm.

6. Забруднення атмосферного повітря викидами від транспорту. URL: https://gpp.livingplanet.org.ua/transport/zabrudnennya-atmosfernogo-povitrya-vikidami-vid-transportu.html.

7. Сербенюк Г. Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище в межах транспортної системи Вінницької області. Молодий вчений, 8 (60), 2018. С. 223-227. URL: https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/4150.

8. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посібн. Вид. 2-ге, Київ : Вид-во «Арістей», 2008. 296 с.

9. Вплив транспорту на екологію. Аналіз та стратегії для України. URL: urban reform.org.ua.

10. Повторейко А.Д. Вплив автотранспорту на навколишнє середовище в Україні. URL: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/05/41.pdf.

11. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О.Л. Матвєєва, С.Й. Шаманський, Т.І. Дмитруха; за заг.

редакцією С.В. Бойченка. К.: НАУ, 2017. 507 с.

12. Офіційний сайт Всеукраїнської екологічної ліги URL: http://www.ecoleague.net/.

13. Русіло П.О., Костюк В.В., Афонін В.М. Вплив на довкілля автомобільного транспорту на всіх стадіях його життєвого циклу. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18.3. С. 85-89.

14. Васькіна І.В. Аналіз впливу автотранспортних засобів на навколишнє середовище в селітебних зонах міст. *Екологічна безпека*. 2009. № 4 (8). С. 16-19.

15. Венжега В., Пасов Г. Зменшення впливу автомобільного транспорту на довкілля. *Технічні науки та технології*. 2019. № 4 (18). С. 28-35.

16. Климчик О.М. Урбоекологія : навчальний посібник. Коростішів : Поліський ун-т, 2019. 248 с.

17. Запорізька обласна державна адміністрація. Щорічна доповідь про стан навколишнього природного середовища. Запоріжжя, 2023.

18. Стратегічна екологічна оцінка програми розвитку міста Запоріжжя. – Запоріжжя, 2023. URL: https://zp.gov.ua/upload/editor/zvit_seo_2023.pdf Запорізька міська рада.

19. Державний моніторинг атмосферного повітря м. Запоріжжя. – Міністерство захисту довкілля, 2025. URL: https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/stan-atmosfernogo-povitrya/zaporizhzhya/.

20. Державна служба статистики України. «Транспорт (обсяг перевезених вантажів за видами транспорту)». URL: https://www.dneprstat.gov.ua/statinfo/tz/ dneprstat.gov.ua.

21. Середньодобові концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі м. Дніпро. Міністерство захисту довкілля України. URL: https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/stan-atmosfernogo-povitrya/dnipro/ Екоміністерство України.

22. Де у Дніпрі найбільш забруднене повітря: моніторинг екологів. URL: https://www.ukr.net/news/details/dnipro/106108786.html.

23. Дніпропетровська обласна державна адміністрація. Звіт про стан довкілля. Дніпро, 2023.

24. Одеська міська рада. Екологічний паспорт міста Одеси. Одеса, 2023.

25. Володимирова О.Г. Особливості забруднення атмосферного повітря м. Одеси за даними маршрутних спостережень. *Матеріали 79-ї звітної наукової конференції.* Одеса, 2024. URL: https://dspace.onu.edu.ua/items/94046b28-c736-43fa-9ac8-663512e984c7 .

26. Якість повітря у місті Одеса, Одеська область онлайн». SaveEcoBot. URL: https://www.saveecobot.com/maps/odesa saveecobot.com.

27. Забруднення повітря в Одеса: візуальна карта індексу якості повітря». AQICN. URL: https://aqicn.org/map/odesa/uk/.

28. Wang, X., et al. Impact of traffic flow on CO concentration in urban street canyons**.** *Atmospheric Environment*, 2018.186, 1-11.

29. Oke, T.R. Street design and urban canopy layer climate**.** *Energy and Buildings*, 1988.11(1-3), 103-113.

30. Urban Traffic Management: Criteria and Standards. *European Conference of Ministers of Transport* (ECMT., 2000.

31. Бєгма А.П., Шаповалов В.М. Методика розрахунку забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту в умовах міста. Київ: Мінекобезпеки України, 1999.

32. ДСН № 463-2019. Державні санітарні норми допустимих рівнів шуму. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19/card6.

33. ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми допустимих рівнів шуму в громадських будівлях та на території житлової забудови». МОЗ України. Київ, 1999.

34. ДБН В.1.1-31:2013 «Захист від шуму» Мінрегіон України. Київ, 2013.

35. ISO 1996-1:2016 «Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1» International Organization for Standardization.

36. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018) World Health Organization. World Health Organization. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018.

37. Гресь, Ю. І. Математична статистика : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2015. 268 с.

38. Богданов, Г. В. Прикладна екологічна статистика : навч. посіб. Київ : Либідь, 2004. 312 с.

39. Євтушенко, М. А. Аналіз даних у Microsoft Excel. Київ : Кондор, 2012. 384 с.

40. Ott, R. L., Longnecker, M. Statistical Methods and Data Analysis. Longnecker. 7th ed. Boston : Cengage Learning, 2015. 1296 p.

41. Helsel, D. R., Hirsch, R. M. Statistical Methods in Water Resources. U.S. Geological Survey, 2002. 510 p.

42. Головний сервісний центр МВС України. Статистика реєстрації транспортних засобів. URL: https://hsc.gov.ua.

43. Портал відкритих даних МВС України. Дані про зареєстровані транспортні засоби. URL: https://data.gov.ua.

44. Державна служба статистики України. Транспорт України: статистичний збірник. Київ, 2023.

45. Екодія. Аналітичні матеріали з транспортних викидів в Україні. URL: https://ecoaction.org.ua.

46. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць ДСП 201-2019. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0088-20.

47. Кучерявий В. П. Урбоекологія : підручник. Київ : Новий Світ-2000, 2021. 416 с.

48. Шилова Т.О. Урбоекосистема : методичні вказівки. Київ : КНУБА, 2023. 36 с.

49. Урбоекологія : навч.-метод. комплекс. ред. О.В. Гавриленко. Київ : КНУ, 2023. 112 с.

50. Екологія міських екосистем (урбоекологія) : підручник / за ред. Чайка В.М. НУБіП України, 2018. 384 с.

51. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми допустимого рівня шуму. Київ: МОЗ України.

52. European Environment Agency. Environmental noise in Europe – 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.

53. WHO Regional Office for Europe. Burden of disease from environmental noise. 2011.

54. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму. Шумові характеристики основних джерел зовнішнього шуму в міських та сільських поселеннях.

55. Закон України «Про охорону праці» URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text.

56. Кодекс цивільного захисту України URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text.

57. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протидії небезпечним факторам. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014.

58. ISO 31010:2019. Risk management — Risk assessment techniques. Geneva: ISO, 2019.

59. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text.

60. Наказ ДСНС України № 579 «Про затвердження інструкцій з дій населення під час повітряної тривоги». Київ, 2022.

61. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Офіційні рекомендації щодо дій під час НС. Київ, 2023.

62. Офіційний сайт ДСНС України. URL: https://dsns.gov.ua.