

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет з безпеки життєдіяльності
Навчально-науковий інститут цивільного захисту
Кафедра екологічної безпеки

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри екологічної безпеки,
д. с.-г. н., професор
_____ Андрій КУЗИК
« ____ » _____ 2024 року

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: «Шумове забруднення міста Львова»

Виконав:
здобувач 6 курсу, групи ЕК – 61м
спеціальності 101 «Екологія»
Огороднікова Д.О.
Керівник:
к.с.-г.н. Гоцій Н.Д.
Рецензент:
к.с.-г.н., доцент кафедри ландшафтної
архітектури, садово-паркового
господарств та урбоекології доц.
Скробала В.М

Львів – 2024 року

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет з безпеки життєдіяльності
Навчально-науковий інститут цивільного захисту
Кафедра екологічної безпеки

Освітній ступінь Магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
Освітня програма «Екологічна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри екологічної безпеки,
д.с.-г. н., професор
_____ Андрій КУЗИК
« ____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

Здобувачу Огородніковій Дарії Олександрівній

1. Тема роботи: «Шумове забруднення міста Львова»

керівник роботи: к.с.-г. н Гоцій Наталія Данилівна

затверджені наказом ЛДУ БЖД від “20” листопада 2023 року № НС-144/90

Термін подання слухачем роботи: «02» 02 2024 р.

2. Початкові дані до роботи:

1. ДБН 360-92: Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень

2. Закон України Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря»: Закон України від 21.06.2001 № 2556-III

3. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» від 24.02.1994 р. № 4004-XII

3. Зміст дипломної роботи:

1. Основні поняття та теорія шумового забруднення.

2. Негативний вплив шуму на екосистеми.

3. Оцінка шумового забруднення міста Львова.

4. Рекомендації щодо вирішення проблем шумового забруднення у місті.

4. Перелік графічного матеріалу презентація Microsoft Power Point

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: «21» 11 2023 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Розділ 1. Основні поняття та теорія шумового забруднення	21.11.2023 – 11.12.2023	
	Розділ 2. Негативний вплив шуму на екосистеми	12.12.2023 – 29.12.23	
	Розділ 3. Оцінка шумового забруднення міста Львова	30.12.2023 – 12.01.2024	
	Розділ 4. Рекомендації щодо вирішення проблем шумового забруднення у місті	13.01.2024 – 26.01.2024	
	Оформлення роботи	27.01.2024 – 01.02.2024	
	Підготовка презентації та доповіді	03.02.2024 – 10.02.2024	

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Огороднікова Д.О.

(прізвище та ініціали)

Гоцій Н. Д.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Огороднікова Д.О. Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 101 «Екологія» на тему: Шумове забруднення міста Львова.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи: 83 сторінки, 32 рисунка, 6 таблиць, 46 джерел інформації, 2 додатка.

Представлено показники шуму вулиць з різним навантаженням транспортного потоку.

Мета – визначення ефективності озеленення у зниженні рівня шуму на вулицях міст..

Об'єктом дослідження є вулиці в різних районах міста, прилеглі до зелених зон: Листопадового Чину, Стрийська, Личаківська та Опришківська.

Предмет дослідження – рівень шуму на вулицях міста та вплив зелених насаджень на його інтенсивність.

Основні результати дослідження. Згідно Наказу Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови №463 від 22.02.2019 та Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів №173 від 19.06.96 – показники перевищують межі норми.

Ключові слова: шум, забруднення, акустика, вуглекислий газ, CO₂, озеленення, зелена зона.

ANNOTATION

Ohorodnikova D.O. Qualification work of the master's degree in the specialty 101 "Ecology" on the topic: Noise pollution of the city of Lviv.

The total scope of the qualification work: 83 pages, 32 figures, 6 tables, 46 pages of information, 2 appendices.

Noise indicators of streets with different loads of traffic flow are presented.

The goal is to determine the effectiveness of landscaping in reducing the noise level on city streets.

The object of the study are streets in different districts of the city, adjacent to green zones: Listopadovoy Chin, Stryyska, Lychakivska, and Opryshkivska.

The subject of research is the level of noise on city streets and the influence of green spaces on its intensity.

Main results of the study. According to the Order on the approval of the State sanitary norms of permissible noise levels in the premises of residential and public buildings and on the territory of residential buildings No. 463 dated 22.02.2019 and on the approval of the State Sanitary Rules for the Planning and Development of Settlements No. 173 of 19.06.96 - the indicators exceed the limits of the norm.

Key words: noise, pollution, acoustics, carbon dioxide, CO₂, landscaping, green zone.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ТЕОРІЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ	11
1.1. Фізичні характеристики шуму	11
1.2. Джерела шуму	14
1.3. Ефективність зелених зон для зменшення шумового забруднення	18
1.4. Норми шуму для території парків і зелених зон і сельбищ цих територій в Україні	22
1.5. Зарубіжний досвід дослідження шуму та зниження його впливу	24
РОЗДІЛ 2. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ ШУМУ НА ЕКОСИСТЕМИ	29
2.1. Вплив шуму на довкілля	29
2.2. Вплив шуму на живу природу	32
2.3. Вплив шуму на здоров'я людини	33
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСТА ЛЬВОВА І КОНЦЕНТРАЦІЇ CO ₂ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ	38
3.1. Характеристика регіону досліджень	38
3.1.1. Вул. Листопадового Чину	40
3.1.2. Вул. Стрийська	42
3.1.3. Вул. Личаківська	45
3.1.4. Вул. Опришківська	46
3.2. Матеріали та методи дослідження	48
3.3. Результати досліджень шумового забруднення	54

РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ У МІСТІ.....	67
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

ВСТУП

Актуальність дослідження: на сьогоднішній день шумове забруднення є одним із важливих факторів негативного впливу на довкілля та здоров'я людини. Населення сучасних міст постійно перебуває в умовах підвищеного акустичного навантаження.

Довготривалий вплив високої інтенсивності шуму може призводити до таких проблем, як:

- порушення сну;
- підвищення артеріального тиску;
- стомлюваність;
- погіршення працездатності;
- погіршення слуху;
- розвиток серцево-судинних захворювань;
- розвиток психічних захворювань.

Важливість вимірювання шумового забруднення міста Львова обумовлена кількома факторами. Львів є одним із найбільших міст України, з населенням понад 700 тисяч осіб. Зростання чисельності населення та розвиток інфраструктури призводять до зростання рівня автомобілізації, що є основним джерелом шумового забруднення в містах [1].

Вимірювання шумового забруднення є важливим кроком на шляху до створення комфортного та безпечного середовища для життя та відпочинку мешканців міста Львова.

Одним із ефективних способів боротьби з шумовим забрудненням є озеленення. Зелені насадження здатні знижувати рівень шуму за рахунок поглинання, розсіювання та заломлення звукових хвиль.

Дослідження шумового забруднення на вулицях, прилеглих до зелених територій, парків і дерев, є актуальним з наступних причин:

- Шумове забруднення є серйозною проблемою в містах, і важливо розробляти ефективні способи її вирішення. Озеленення є одним із таких

способів, і дослідження його ефективності на вулицях, прилеглих до зелених територій, може допомогти у розробці більш ефективних заходів щодо зниження шумового забруднення.

- Дослідження впливу зелених насаджень на рівень шуму може допомогти в оптимізації планування та забудови міст. Наприклад, дані дослідження можна використовувати для визначення оптимальної ширини смуги озеленення, яка забезпечить достатній рівень захисту від шуму.
- Дослідження впливу зелених насаджень на рівень шуму може допомогти підвищити обізнаність громадськості про цю проблему. Розуміння того, як зелені насадження можуть допомогти в боротьбі з шумовим забрудненням, може мотивувати людей більше підтримувати озеленення в містах.

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення ефективності озеленення у зниженні рівня шуму на вулицях міст.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Провести вимірювання рівня шуму в різних районах Львова на вулицях, прилеглих до зелених зон.
- Визначити рівень CO₂ в різних точках віддаленості від вулиць з інтенсивним транспортним рухом
- Проаналізувати результати вимірювань на досліджуваних точках та визначити кореляційний зв'язок між рівнем шумового забруднення і густотою зелених насаджень.
- Визначити вплив зелених насаджень на рівень шуму і CO₂ на вулицях міста.

Методи дослідження

Для вирішення поставлених завдань будуть використані такі методи дослідження:

- Аналітичні (аналіз літературних джерел і нормативних документів).
- Емпіричні (спостереження, вимірювання інтенсивності транспортних потоків, рівня шуму, рівня CO₂, порівняння);
- Статистичні (статистична обробка даних вимірювань).

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є вулиці в різних районах міста, прилеглі до зелених зон: Листопадового Чину, Стрийська, Личаківська та Опришківська.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є рівень шуму на вулицях міста та вплив зелених насаджень на його інтенсивність.

Значення дослідження

Результати дослідження можуть бути використані для розробки більш ефективних заходів щодо зниження шумового забруднення у місті Львові.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ТЕОРІЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

В Україні (площа 603 700 км²) є 59 міст, 886 селищ міського типу, 27163 села та 1323 селища [2]. Кількість населення в сільських місцевостях зменшується, а в містах зростає, що говорить про досить високий рівень урбанізації. В сучасних умовах розвитку урбанізованих територій все більш зростає значимість задач із захисту від шумового впливу.

Поміж усіх видів техногенного забруднення оточуючого середовища, особливу увагу приділяють шумовому забрудненню урбосистем. Найбільший вклад у шумове забруднення територій вносять автотранспортні потоки, що знаходяться поблизу житлової забудови [3, 4].

На урбанізованих територіях 80% шуму створюється рухом транспортних засобів. Актуальними постають питання вивчення, нормування шумів, їх впливу на людину і навколишнє середовище і розробка заходів щодо зниження негативної дії шуму. Транспортний шум має більші негативні наслідки для населення, ніж виробничий або побутовий шум, оскільки сфера його дії значно ширша, а фізичні параметри, що характеризують вплив шуму на організм людини, незрівнянно вище [5].

Шумове забруднення має унікальні властивості як забруднюючий фактор: воно не накопичується, його рівень може значно коливатися за короткі проміжки часу, а також воно не здатне до міграції. Але це не зменшує суттєвого впливу на живі організми.

1.1. Фізичні характеристики шуму

За природою шум — це сукупність звуків різноманітної частоти та інтенсивності, тривалості що виникають у результаті коливального руху частинок у пружних середовищах (твердих, рідких, газоподібних – наприклад,

внаслідок стиснення і розрідження повітряних мас, тобто коливних змін тиску повітря), які виходять за межі звукового комфорту [6].

Разом з тим, слід зазначити, що відповідний звуковий ландшафт існує на Землі завжди, і людина завжди використовувала властивості середовища як провідника, носія звуків. Життя людини в абсолютній тиші неможливе.

Одиницею вимірювання шуму є Бел — відношення діючого значення звукового тиску до мінімального значення, котре сприймається вухом людини. На практиці використовується десята частина цієї фізичної одиниці — децибел (дБ). Таким чином, дБ є одиницею вимірювання звукового (шумового) тиску, яка визначає і інтенсивність шумового забруднення. Щодо шуму, широко застосовною є одиниця виміру акустический децибел (дБА) – одиниця виміру рівня звукового (шумового) тиску з урахуванням сприйняття звуку людиною [7, 8].

Шум включає звуки майже всіх частот слухового діапазону. Шуми відрізняються різним розподілом рівня звукового тиску по частотам та їх розподіленні у часі. Вони можуть бути:

- низькочастотними (частоти нижче 300Гц);
- середньочастотні (300-800 Гц);
- високочастотні (вище 800 Гц).

Шум, який виступає частиною звукової хвилі, володіє всіма притаманними їй ознаками (величинами):

- довжиною хвилі (найменшою відстанню між двома точками середовища, які коливаються в однаковій фазі, синфазно);
- амплітудою хвилі — найбільшим зміщенням точки середовища від рівно важного положення;
- періодом — часом, протягом якого кожна точка середовища здійснює одне повне коливання;

- частотою звуку — кількістю повних коливань, здійснених коливною точкою середовища за 1 секунду. Частота звуку відповідає суб'єктивній характеристиці звуку, яку ми називаємо висотою звуку;

- інтенсивністю звуку — величиною енергії, що припадає щосекунди на поверхню площею 1 м^2 , розташовану перпендикулярно до напрямку поширення хвилі. Інтенсивність звуку відповідає суб'єктивній характеристиці звуку, яку ми називаємо гучністю звуку;

- надлишковим звуковим тиском, котрий виникає внаслідок згущення частинок середовища, в якому поширюється звукова хвиля. На сприймання надлишкового тиску повітря у звуковій хвилі налаштоване вухо людини.

Зважаючи на фізичні властивості шуму як частини звукової хвилі, сутність впливу шуму на стан середовища та живі організми характеризується звуковим тиском (інтенсивністю) та частотою коливань часток у середовищі (Гц). Негативні ефекти шуму, які людина відчуває знаходяться у зоні слухового сприйняття (інтенсивність від 5 дБ до 120 дБ, частота від 20 Гц до 20 кГц), але значна долю негативного впливу знаходиться в діапазоні ультразвукових, інфразвукових та гіперзвукових коливань [9].

Спектр – прості гармонічні коливання, що складають звук та характеризуються частотою, фазою та амплітудою. Сумарний тиск створений складним звуком, виражається рівнем звукового тиску.

Так, інфразвук – це частотні коливання з частотою нижче 20 Гц. Цей частотний діапазон знаходиться нижче порога чутності. Виробничий інфразвук виникає за рахунок тихже процесів, що і чутний звук. Найбільшу інтенсивність інфразвукових коливань створюють машини та механізми, що генерують низкочастотні механічні коливання (інфразвук механічного походження) та турбулентні потоки газів та рідини (інфразвук аеродинамічного чи гідродинамічного походження) [3].

Ультразвукові коливання - механічні коливання пружного середовища з частотою більше 20 кГц, та інтенсивністю у Вт/1см². При поширенні в середовищі ультразвук зумовлює механічний термічний та фізико-хімічний ефекти. Так, під механічною дією ультразвуку в повітрі виникає термічний ефект (хвильовий рух газоподібних, рідких і твердих часток приводить до перетворення механічної енергії на теплову). Механічний ефект супроводжується зміною акустичного тиску під час стиснення і розрідження середовища силами, які розвиваються внаслідок великих прискорень частинок, цими властивостями визначається диспергуюча дія ультразвуку. Фізико-хімічні ефекти пов'язані з кавітацією, виникненням зон стиснень і розриву внаслідок руху пружних хвиль, які викликають утворення бульбашок, заповнених парами рідини і розчиненим у ній газом [10].

1.2. Джерела шуму

Велику увагу шумовому режиму приділяється у населених місцях. Найбільш потужними джерелами шуму є транспортні засоби.

Найбільш високий рівень шуму спостерігається на великих дорогах містах та автомагістралях, якими проходить величезний потік вантажних та легкових автомобілів. Особливо це виражено в так звані годинники пік, де рівень шуму може досягати до 90 - 95 дБ, в той час як допустимий рівень шуму становить 45 - 50 відповідно [4, 11].

За статистикою, США є країною з найбільш високою кількістю володіння автомобілів на 1000 жителів. На 1000 осіб припадає 802 автомобілі. Загалом автомобілів у країні приблизно 248 мільйонів. А Китай має найбільшу кількість автомобілів на країну, приблизно 400 мільйонів автомобілів.

Транспортний шум у містах зростає рік у рік. Основними джерелами шумового забруднення у великих містах є автотранспортні потоки (70-80%), а також залізничний та авіаційний транспорт, що базується часом у межах міської житлової забудови. Шум, що виробляється окремими транспортними засобами,

що входять до складу транспортного потоку, залежить від багатьох факторів: потужності та режиму роботи двигуна, технічного стану, маси транспортного засобу призначення, швидкості руху, якості дорожнього покриття та інших не менш важливих факторів. Транспортний шум не постійний, його рівень залежить в основному від густини транспортного потоку, і може сильно змінюватися за короткі проміжки часу. Коливання рівня між шумовим фоном та максимальними значеннями в момент проходження важких вантажних автомобілів та трамваїв можуть досягати 30 – 50 дБ. Спектр шуму широкопasmовий, з величезним переважанням енергії у сфері низьких і середніх частот [12].

Таблиця 1.1.

Шумові характеристики транспортних джерел шуму

Джерло шуму	Еквівалентний рівень шуму, дБА
Автомобільний транспорт (на відстані 7,5 м)	77 – 83
Легкові автомобілі	77
Автобуси та вантажівки	78 – 83
Залізничний транспорт (на відстані 20 м)	90 – 101
Авіаційний транспорт (над трасою)	98 – 105

Легкові автомобілі мають різко виражений низькочастотний характер, у той час як у спектрі шуму вантажних автомобілів з потужним двигуном і великою масою на середніх та високих частотах мають місце також високі рівні. Автобуси та вантажні автомобілі з малопотужними двигунами мають шум низькочастотного характеру, але рівні на середніх частотах близькі до рівнів низьких частот, тобто ці спектри є як би середніми між легковими та вантажними автомобілями великої потужності.

Рівень звуку різних транспортних засобів також відрізняється. Легкові автомобілі характеризуються рівнем звуку 78-79 дБ, вантажні з малопотужними двигунами та автобуси 84-86, а вантажні з потужними двигунами – 91.

Загальний шум транспортного потоку залежить від інтенсивності та швидкості руху автомобілів, складів у потоці тих чи інших типів транспорту, профілю проїжджої частини (підйоми, ухили), а також наявності поверхонь, що відбивають забудови поблизу транспортного потоку [13, 14].

У зв'язку з різким зростанням рівня автомобілізації, збільшенням інтенсивності руху на магістральних мережах міст, інтенсивним розвитком залізничних мереж підвищився акустичний дискомфорт та рівень загазованості міських територій.

За підсумками аналізу санітарно-епідеміологічної ситуації у XXI столітті за впливом на здоров'я населення шумове навантаження вийшло на третє місце слідом за комплексним хімічним та біологічним навантаженням. Основними джерелами шумового забруднення у великих містах є автотранспортні потоки, які базуються часто у межах міської житлової забудови.

Якщо транспортні потоки на вулицях міста є основним джерелом шуму в денний час, то рух автомобілів внутрішньоквартальними проїздами створює найбільш несприятливу ситуацію в нічний час. Останні 10 років сталося збільшення інтенсивності впливу шуму населення великих мегаполісів. Якщо у 2002 році максимально допустимі рівні шуму на територіях житлової забудови у м. Дніпрі, наприклад, досягали 65-70 дБА та перевищували гранично допустимий рівень у 1,37 раза, то у 2007-2009 роках вони досягали 73-75 дБА та перевищили рівень гранично допустимого рівня у 5 і більше разів [15, 16].

Таблиця 1.2.

Інтенсивність шуму різних джерел, дБА

Джерело шуму	Рівень шуму, дБА
Зимовий ліс за тихої погоди	0
Шепіт	20
Сільська місцевість	30
Читальня	40
Машбюро	65
Салон автомобіля	70
Відбійний молоток	90
Важкий самоскид	100
Концерт поп-музики	110
Блискавка	130
Реактивний літак на віддалі 25 м	140
Старт космічної ракети	150

Ще одним джерелом шуму у містах та населених пунктах є вбудовані у житлові будинки підприємства: магазини, кафе, клуби тощо. Рівень шуму, що створюється цими підприємствами у житлових приміщеннях, може перевищувати гранично допустимий рівень до 4 разів. Режим роботи цих об'єктів додатково призводить до збільшення рівнів шуму вночі доби. Крім зазначених джерел шуму, існує ще ряд об'єктів, які негативно впливають на шумову обстановку - це автостоянки, розташовані в безпосередній близькості від житлових будинків, автомобільна сигналізація та інше. Крім того, що підвищені рівні шуму завдають відчутних незручностей, вони впливають і на здоров'я населення. Шум виступає як стрес-фактор, що викликає зміни реактивності центральної нервової системи, наслідком чого є розлади регульованих функцій органів та систем організму. Перенапруга центральної нервової системи викликає такі серйозні хвороби, як гіпертонічна та виразкова,

шлунково-кишкове та шкірне захворювання, неврози. Крім того, людина, яка піддається підвищеному шумовому навантаженню під час відпочинку, не має можливості повноцінно відпочити та набратися сил для наступного робочого дня [17].

1.3. Ефективність зелених зон для зменшення шумового забруднення

Згідно літературних даних, [18] результативним заходом боротьби з шумом у містах є озеленення.

Шумозахист у місті залежить від правильності планування, забудови й озеленення, тобто всього комплексу архітектурно-планувальних рішень, які видозмінюють середовище і можуть створити оптимальні умови для зниження шуму транспортних потоків.

Фізіологічні особливості дерев сприяють зниження антропогенного на довкілля. Зелені насадження мають більший акустичним опір, ніж повітря, відбивають і поглинають звукову енергію, трансформуючи їх у теплову. Найбільша поглинаюча здатність у клена, тополі, липи, а в ялини вона найменша. Зниження рівня звуку відбувається в середньому на 10-15 дБА, для шумозахисної смуги шириною 20 м становить приблизно 5-7 дБа, а завширшки 40 м приблизно 8-10 дБА. Також для зниження шумовипромінювання можуть використовуватися вертикальні сади на фасадах будинків та озеленення дахів, яке у свою чергу, за певних форм, можуть знижувати шум до 7,5 дБ [19, 20].

Зелені насадження у міському середовищі здатні знижувати рівень шуму більш як на 7%. Цей показник ґрунтується лише на дослідженні щодо листової пластини, проте, якщо враховувати сукупність фізичних та біологічних складових, такі як зімкненість крони, кількість деревних насаджень поблизу забудови та їх висота, то можна відзначити збільшення ефекту шумопоглинання [21].

Захисні насадження в містах можуть використовуватись як самостійні засоби шумозахисту і разом з іншими інженерними шумозахисними спорудами. Спеціальні смуги зелених насаджень мають комплексний характер захисної дії захист від шуму, вихлопних газів автотранспорту, абсорбція пилу та інших шкідливостей, що забруднюють повітря, покращання мікрокліматичних показників міського середовища, позитивна психологічна та естетична дія на населення. Все це значно підвищує соціальну значимість озеленення як містобудівного засобу шумозахисту [22, 23].

Зниження рівня шумового забруднення довкілля при застосуванні захисних насаджень відбувається внаслідок таких явищ, як розсіювання, поглинання і дифракція звукових хвиль.

Зелену масу крон дерев, яка складається з листя різної конфігурації, щільності і орієнтації, можна розглядати як змінно-контрастне фізичне середовище, де безперервно міняються місцями акустично непрозорі і прозорі елементи середовища. Звукова енергія, потрапляючи з повітря в простір, заповнений кронами дерев, переходить в інше середовище - повітря + листя, яке має здатність розсіювати і поглинати звукову енергію. Ці властивості проявляються помітніше із збільшенням щільності середовища. Зелені насадження щільної посадки з деяким наближенням можна розглядати як екранувальний бар'єр на шляху поширення звукових хвиль, як напівпрозорий екран, за яким утворюється звукова тінь [1].

Акустичний ефект зниження рівня звуку визначають такі фактори як ширина смуги, дендрологічний склад і конструкція посадок.

В сучасних містах існує гострий дефіцит міських територій, тому питання ширини смуг зелених насаджень має велике значення. В табл. 1.3. наведено дані щодо зниження рівня шуму за смугою зелених насаджень на магістральних вулицях.

Таблиця 1.3.

Зниження рівня шуму різними видами зелених насаджень

Ширина смуги, м	Конструкція і дендрологічний склад смуги	Зниження рівня шуму, дБА
10	Три ряди листяних дерев: клена гостролистого, в'яза звичайного, липи дрібнолистої, тополі бальзамічної (в рядовій конструкції посадок) з чагарником у живоплоті або підліском з клена татарського, спіреї калинолистої, жимолості татарської	4-5
15	Чотири ряди листяних дерев липи дрібнолистої, клена гостролистого, тополі бальзамічної (в рядовій конструкції посадок) з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском з акації жовтої, спіреї калинолистої, гордовини, жимолості татарської	5-6
15	Чотири ряди шпилькових дерев - ялини, модрини сибірської (в шаховій конструкції посадок), з чагарником у двоярусному живоплоті з дерну білого, клена татарського, акації жовтої, жимолості татарської	8-10
20	П'ять рядів листяних дерев - липи дрібнолистої, тополі бальзамічної, в'яза звичайного, клена гостролистого (в рядовій конструкції посадок) з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском з спіреї калинолистої, жимолості татарської, глоду сибірського	6-7
20	П'ять рядів шпилькових дерев - модрини сибірської, ялини звичайної (в шаховій конструкції посадок), з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском із спіреї калинолистої, акації жовтої, глоду сибірського	9-11
25	Шість рядів листяних дерев клена гостролистого, в'яза звичайного, липи дрібнолистої, тополі бальзамічної (в шаховій конструкції посадок) з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском з дерну білого, глоду сибірського, клена татарського	7-8
30	Сім-вісім рядів листяних дерев - липи дрібнолистої, клена гостролистого, тополі бальзамічної, в'яза звичайного (в шаховій конструкції посадок) з чагарником у двоярусному живоплоті і підліском з клена татарського, жимолості татарської, глоду сибірського, дерну білого	8-9

Коефіцієнт послаблення звуку смугами зелених насаджень (зниження рівня звуку на 1 м ширини лісосмуги) приймається рівним:

- 0,08 дБА/м для декоративних лісосмуг з густим, крупним листям;

- 0,25 дБА/м - для щільних лісосмуг;

- 0,4 дБА/м для спеціальних шумозахисних лісосмуг з щільним змиканням крон дерев і заповненням підкоронового простору чагарниками.

Частотна характеристика зниження рівнів звуку смугами зелених насаджень залежить від їх дендрологічного складу і щільності. При цьому найбільша ефективність зниження рівня звукового тиску проявляється в діапазоні високих частот, які є найбільш неприємними для сприйняття

людським вухом і визначальними при формуванні загального рівня звуку. Ця властивість є характерною для листяних та для шпилькових порід, а також насаджень із змішаних порід. У шпилькових порід спостерігається активне зниження рівня звукового тиску також і на середніх частотах (500 Гц) і більш інтенсивне, ніж у інших, в діапазоні високих частот. Рівні низьких частот спектра транспортного шуму не підлягають помітному зниженню, проте під впливом смуг зелених насаджень ці шуми сприймаються людським вухом не так різко внаслідок пом'якшення і деякої трансформації рівнів шуму деревно-чагарниковими насадженнями. На частоті 500 Гц і вище спостерігається помітне активне поглинання рівнів звуку [24].

При підборі асортименту деревно-чагарникових порід необхідно враховувати цілий ряд факторів, які впливають на умови росту зелених насаджень і, відповідно, на їх шумозахисну ефективність. Для спеціальних шумозахисних смуг слід підбирати одну-дві основні породи дерев, які швидко ростуть, є димогазостійкими і мають масивну крону [12].

- Береза повисла (*Betula pendula*) - дерево, що швидко росте, з ажурною кроною і струнким стовбуром висотою до 18-30 м і діаметром до 7-12 м. Бічні гілки тонкі, повислі. Листя трикутно-яйцеподібне, загострене, 3-7 см завдовжки. Дана порода не дуже стійка до диму та газу, проте, як з'ясувалося, добре бореться з шумом, оскільки, не дивлячись на невеликий розмір, листові пластини досить щільні.

- Горобина проміжна (*Sorbus intermedia*) – дерево висотою до 10 м з овальною кроною. Листя чергове, просте, яйцеподібне, до 12 см завдовжки. Рослина швидкозростаюча, що безперечно є плюсом, при виборі його як породи, що висаджується в місті. Так само цей вид стійкий до димових і газових викидів, що дуже необхідно в забрудненому міському середовищі. Завдяки своїй щільній структурі та великому розміру листя, горобина здатна знижувати рівень шуму більш ніж на 2дБ.

- Липа європейська (*Tilia europaеа*) – дерево висотою до 25 метрів при діаметрі крони близько 8 м із симетричною, правильною, пірамідальною кроною. Пагони та бруньки восени червоні. Гілки дуже гнучкі, легко гнуться без розломів. Темп зростання швидкий. Листя чергове, викривлено-серцеподібне, більше, ніж у основного виду *Tilia x europaеа*, горизонтально розташоване, яскраво-зелене, злегка глянцеове, досить довго не опадає. Дерево добре переносить міські умови, пило- та жаростійка.

При цьому велике значення має густина насаджень, їх рядність та якість крони. Однорядні дерева з рідкою кроною не дають практично захисту від шуму. Насадження набувають шумозахисних властивостей, якщо дерева мають висоту неменше 5-8 м, крони їх щільно змикаються між собою, а простір під кронами заповнений чагарником. Якщо дерева посаджені в шаховому порядку, половою, що має ширину 10-15 м, то шум зменшується на 4-5 дБ, а при ширині смуги 16-20 м - на 5- 8 дБА. Щоб знизити шум на 12 дБА, потрібно посадити дерева в три ряди (смуга шириною 30 м).

Таким чином, можна зробити висновок, що рослини мають достатній потенціал поглинання, що можна використовувати як спосіб зниження шумового забруднення в містах. Озеленення міста є одним із важливих етапів при плануванні та будівництві міст. Грамотно організовані заходи у цій галузі дозволять значно покращити стан довкілля, а як наслідок і стан здоров'я населення.

1.4. Норми шуму для території парків і зелених зон і сельбищ них територій в Україні

В Україні Державними будівельними нормами України [25], передбачені допустимі рівні шуму на різних об'єктах, територіях різного господарського призначення не повинні перевищувати показників наступних санітарних норм для сельбищних зон населених місць:

- У денний час (з 08:00 до 22:00) - 55 дБА.

- У нічний час (з 22:00 до 08:00) - 45 дБА.

Наказ Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови №463 від 22.02.2019 [26] та Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів №173 від 19.06.96 [27] також встановлюють допустимі рівні звуку на території житлової забудови:

- Території, що безпосередньо прилягають до житлових будинків, будівель поліклінік, амбулаторій, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів, дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, бібліотек: вдень – 55 (макс. 60 дБА), вночі – 45 (макс. 60 дБА);

- Майданчики відпочинку на території мікрорайонів, груп житлових будинків, будинків відпочинку, пансіонатів, майданчиків дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших учбових закладів, будинків-інтернатів: вдень становить 45 (макс. 60 дБА).

Ці норми поширюються на території парків, скверів, лісопарків, зелених зон при житлових будинках, лікувально-профілактичних закладів та інших об'єктів.

Важливо відзначити, що ці норми є орієнтовними і можуть бути змінені залежно від конкретних умов.

Зелені зони, такі як парки, сквери, ліси, можуть сприяти зниженню рівня шуму. Це відбувається завдяки тому, що зелені насадження поглинають, розсіюють та заломлюють звукові хвилі.

Ефективність зниження шуму зеленими зонами залежить від таких факторів [28]:

- **Вид і висота дерев та чагарників.** Більш ефективними у зниженні шуму є листяні дерева та чагарники.
- **Щільність насаджень.** Чим щільніше насадження, тим ефективніше вони поглинають шум.

- **Розміри зеленої зони.** Чим більша зелена зона, тим більший ефект вона має на зниження шуму.

1.5. Зарубіжний досвід дослідження шуму та зниження його впливу

Шумове забруднення є глобальною екологічною проблемою і торкається більшості урбанізованих територій. Розвиток науки і техніки привніс багато розбіжних речей у наш світ, які впливають на навколишнє середовище, а акустична навантаження одна з них.

Як уже було сказано, найголовнішим джерелом шумового забруднення є транспорт. У світі налічується понад мільярд одиниць лише автотранспорту, але також крім нього шумовим впливом має залізничний та авіатранспорт. Через велику кількість негативних джерел шуму, які як наслідок впливають на здоров'я населення, виникла потреба в їх регулюванні на міських територіях. Контроль рівня шуму став важливим завданням на рівні держави у багатьох країнах.

Під час дослідження в Куритибі та Бразилії щодо рівнів звуку протягом 2 годин у 1000 точках міста було встановлено, що 93,3% загальних територій мали рівень звуку, що перевищує 65 дБА, а 40,3% територій мали рівень звуку понад 75 дБА.

Також було проведено дослідження в місті Порту, яке є другим за величиною містом Португалії з площею 41,66 км² і населенням 237 000 жителів. Було обрано дві зони, репрезентативні для категорій впливу. Області, на які впливає транспортний шум, були обрані для представлення відкритих зон, а зони з незначним впливом транспортного шуму були обрані для неекспонованих зон [29].

Фасади вибраних комерційних будівель, а також відповідні карти шуму представлені на малюнках. Судячи з них, можна зробити висновок, що вулиці de Janeiro, Passos Manuel i Sá da Bandeira є переекспонованими, а вулиця Santa Catarina знаходиться в неекспонованій зоні.

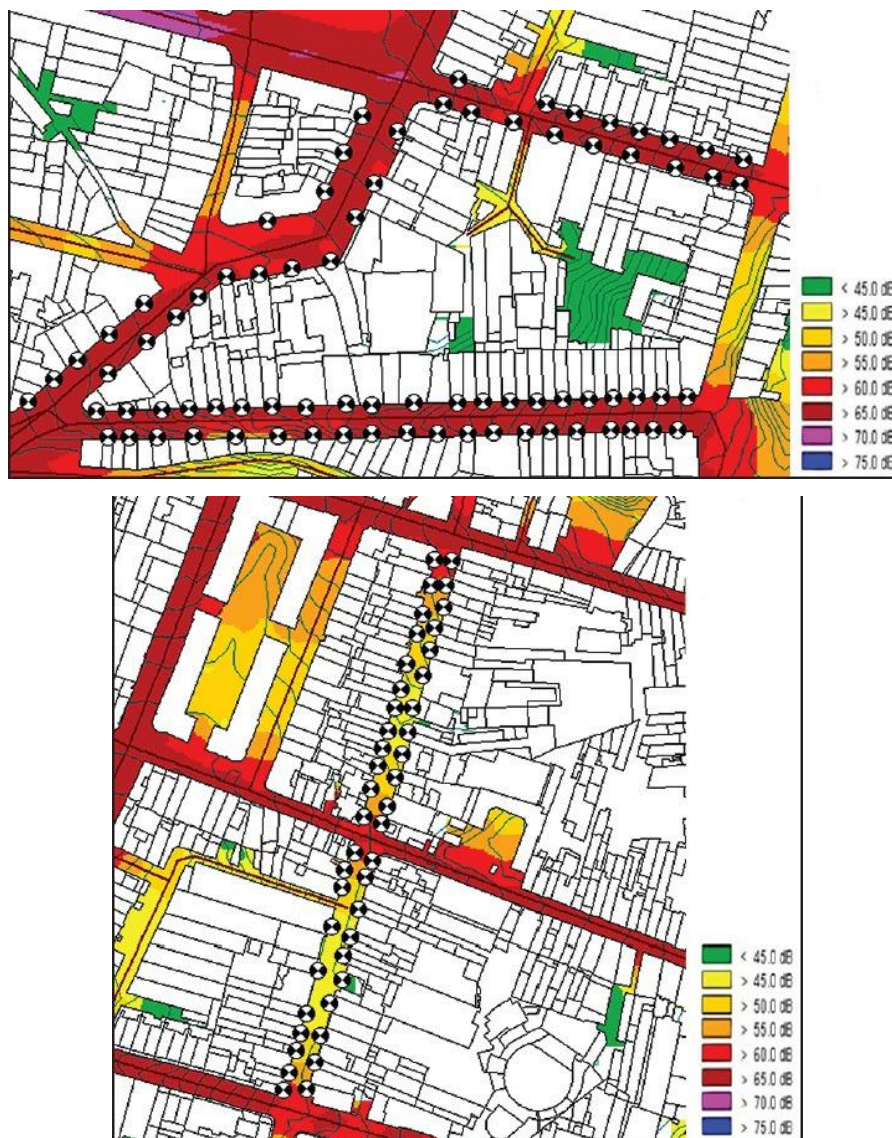


Рис.1.1 – Міський звуковий ландшафт

Отримані вимірювання показали, що рівні звуку були близькими або вищими за дозволений ліміт (55 дБА), відповідно до законодавства [30].

У червні 2002 року Європейський Парламент і Рада щодо оцінки та управління шумом у навколишньому середовищі випустив документ - Environmental Noise Directive, який відразу ж набув чинності. Директива про екологічний шум (END) спрямована на встановлення загального підходу щодо запобігання або зменшення шкідливого впливу шуму на навколишнє середовище (Environmental Noise Directive, 2010 р.) [31]. Ця мета має бути досягнута при використанні пакета заходів:

- введення гармонізованих шумових індикаторів
- узгодження методів розрахунку визначення рівня шуму
- узгодження процедур, що використовуються для створення карт шуму та плану дій щодо його зниження
- надання громадськості інформації про вплив шуму на довкілля

У більшості випадків плани дій щодо зниження шуму здійснюються поетапно, починаючи з малих заходів, таких як зниження обмеження швидкості або лімітування потоку для вантажних автомобілів, які можуть бути застосовані на практиці після декількох тижнів підготовки та оцінки впливу. Останній крок включає інвестиції у великі проекти, які вимагають більшої підготовки або додаткового фінансування, такого як шумоізоляційні бар'єри або, у разі потреби, об'їзні дороги або нові житлові райони.

Квартал La Defense у Парижі (Франція) є найбільшим діловим центром у Європі. Ця територія є однією з екологічно безпечних завдяки грамотній систематизації дорожньо-транспортних мереж. Через весь квартал проходить досить велика автомагістраль, що ховається під землею і відкривається знову вже за межами Дефанса. Також під землею прокладено залізницю з вокзалом та метро. Через цю структуру шум, створюваний автобусами, таксі та легковими автомобілями, скоротився. Його можна значно зменшити, прикрасивши території, що звільнилися, площами і парками для пішоходів. Підземна транспортна мережа цієї двоповерхової міської структури є новою системою «заземлення» пішоходів. Усі транспортні засоби, крім туристичних автобусів, йдуть під землю, їм забороняють наземний рух. В результаті місто звільнилося від міського автошуму.

Ще одним прикладом із Франції є місто Ансі, в якому проблема з шумовим забрудненням було викорінено на ранньому етапі. Ансі є одночасно промисловим та туристичним містом у Франції. Місто середнього розміру (126 000 жителів 2015 р.) зазнало значного зростання населення в останнє десятиліття (+11,6%). Місцеве населення почало скаржитися на галас. Мер

міста вчасно та грамотно зреагував на дуже ранній стадії розвитку проблеми та розпочав діяльність, пов'язану з боротьбою з шумом. На ранніх етапах у місті Ансі було проведено такі заходи: вантажні автомобілі були заборонені у центрі міста у 1970-х роках; обмеження швидкості були зменшені з 50 до 30 км/год. Продуманий підхід у боротьбі з шумом став однією з констант у політичному житті в Ансі [29].

З 1998 року було проведено багато модифікацій громадських (та приватних) транспортних систем у Пармі (Італія). З метою було, з одного боку, поліпшити рух транспорту, і просування громадського транспорту, але щоб уникнути криміналізації приватних автомобілів. Це включало повне перевизначення паркувальних місць, які були зроблені в основному платними, усунення світлофорних переходів, які були замінені на кільцеві розв'язки та створення трансферних стоянок, які використовувалися для залучення водіїв автомобілів до громадського транспорту для того, щоб дістатися центру міста. Що стосується транспортних засобів, що використовуються для громадського транспорту, то вільний автопарк було оновлено: більшість старих, великих автобусів було продано, а нові, менші, було куплено. Такий транспорт включав альтернативні двигуни, що працюють на метанових або гібридних двигунах, наприклад дизель-електричні моделі. Деякі навіть були оснащені електричними акумуляторними двигунами, що використовуються для перетину більш акустично чутливих районів.

Проте ці зміни несильно змінили акустичне стан міського середовища та в ході звернення громадян муніципалітетом було переглянуто альтернативні варіанти вирішення цієї проблеми. Швидкі дії уряду призвели до появи нової транспортної послуги, яка називається ProntoBus. "ProntoBus" - це сервіс на базі невеликих автобусів, в якому маршрут і частота послуг не встановлені заздалегідь; а навпаки, вони динамічно модифікуються після запитів громадян, які дзвонять на «зелений» номер із проханням вибрати автобус. Насправді це працює як послуги таксі, але за ціною громадського транспорту. «ProntoBus» -

єдиний доступний автобус у нічний час, і усунення традиційних нічних автобусних ліній зробило значний внесок у дотримання меж шуму в місті (Lee JaeHyuk та ін., 2010).

РОЗДІЛ 2. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ ШУМУ НА ЕКОСИСТЕМИ

2.1. Вплив шуму на довкілля

Вплив на атмосферне повітря

Законом України Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 21.06.2001 № 2556-III [14] передбачено, що: "державному обліку в галузі охорони атмосферного повітря підлягають види і ступені впливу фізичних факторів на стан атмосферного повітря". Загальновідомо, що одним із фізичних факторів виступає шум.

Вплив шуму на атмосферне повітря є складним та різноаспектним явищем. Звукові коливання, які генеруються шумовими джерелами, можуть взаємодіяти з атмосферним середовищем, маючи кілька наслідків.

По-перше, шум може впливати на акустичну якість атмосфери, перешкоджаючи природним звукам та порушуючи екологічний баланс. Це може мати негативний вплив на живу природу, так як багато видів рослин і тварин розпізнають та взаємодіють через звукові сигнали.

По-друге, шумове забруднення може призводити до стресу у великій кількості організмів, включаючи тварин та навіть людей. Постійний шум може сприяти розвитку різних захворювань, включаючи проблеми зі сном, серцево-судинні захворювання та інші психофізіологічні проблеми.

По-третє, шум може впливати на якість повітря, особливо у близькому віддаленні від джерел шуму, таких як автодороги або промислові підприємства. Звукові хвилі можуть викликати коливання часток, що може впливати на їх розподіл у повітрі та сприяти розповсюдженню шкідливих речовин [16].

Узагальнюючи, вплив шуму на атмосферне повітря виявляється в різноманітних проявах, і розуміння цього взаємозв'язку важливо для розробки стратегій зменшення шумового забруднення та підтримки якості природного середовища.

Вплив на водні ресурси

Водні екосистеми можуть стати жертвою шумового забруднення через водоочисні споруди, судноплавство та інші джерела. Шум від суден, розваг та інших джерел може впливати на водний біотоп, зокрема на рибу та інших водних організмів. Деякі шумові джерела, такі як судна та інші транспортні засоби, можуть спричиняти забруднення води внаслідок викидів відпрацьованих газів та інших речовин. Високий рівень шуму може впливати на міграцію риби та інших водних видів, перешкоджаючи їхнім природним маршрутам.

Шум може впливати на комунікацію водних тварин, таких як дельфіни та кити, які використовують звук для навігації та спілкування. Рослини у водоймах можуть відчувати вплив шуму, особливо високочастотного, що може впливати на їхній ріст та фізіологію. Шум може викликати метаболічні зміни у водних організмів, що може впливати на їхню життєздатність та розмноження.

Шум може призводити до змін у розподілі видів та структурі екосистем водних об'єктів.

Шум від водного транспорту може мати вплив на інфраструктуру та конструкції берегової зони, зокрема на ерозію. Будівництво та експлуатація водних споруд, таких як гідроелектростанції, може призводити до шумового забруднення водойм та їхніх довкілля [28].

Вплив шуму на ґрунт

Під час експлуатації автомобільної дороги, джерелом впливу на навколишнє середовище є транспортний рух, який несе за собою такі негативні наслідки, як забруднення атмосферного повітря внаслідок викидів продуктів згоряння автотранспорту, шумове забруднення (в залежності від швидкості руху та пропускної здатності дороги), та пилове забруднення.

Шумове та вібраційне забруднення є основними чинниками негативного фізичного навантаження та навколишнє середовище. Для оцінки негативної дії фізичних забруднювачів необхідно враховувати технічні характеристики

дороги, природні та штучні бар'єри (лісонасадження, схили, виїмки, будівлі) та запроектовані захисні засоби (шумозахисні екрани, тощо). Порівняння гранично допустимого еквівалентного рівня шуму із його прогнозованим дає змогу оцінити акустичний вплив на навколишнє середовище від автотранспорту.

Захисні споруди уздовж ділянок доріг, що потребують зменшення рівня шуму, використовують задля зниження рівня шумового навантаження на навколишнє середовище та здоров'я населення. Шумозахисні екрани встановлюють при проходженні автомобільної дороги через населений пункт у тих випадках, коли зафіксовано перевищення гранично допустимих рівнів шуму.

Шум в міському середовищі може мати різнобічний вплив на ґрунт, викликаючи ряд фізичних, хімічних та біологічних змін. Інтенсивний шум може спричинити компактацію ґрунту, тобто його стискання через вібрації, що виникають від звукових коливань. Це може обмежити проникнення повітря та води в ґрунт, що впливає на його водно-повітряний режим та фізико-хімічні властивості [32, 33].

Звукові вібрації також можуть впливати на структуру ґрунту та розташування частинок, що може вплинути на розвиток кореневої системи рослин. Шум пов'язаний із забрудненням ґрунту, особливо транспортними викидами, що може призводити до появи хімічних речовин, що шкодять якості ґрунтової екосистеми.

Шум та транспортні викиди у міському середовищі взаємопов'язані через кілька факторів. Одним із ключових аспектів є те, що транспорт, такий як автомобілі, літаки і поїзди, є основним джерелом шумового забруднення в містах. Це пов'язано з роботою двигунів, викидами газів і використанням різних механізмів транспортних засобів.

Види транспорту можуть різнитися у своєму впливі на шумове середовище, прикладом може бути шум, що виникає від повітряного

транспорту або від руху автомобільних коліс. Транспортні викиди, такі як відпрацьовані гази, можуть взаємодіяти з навколишнім середовищем, передаючи звукові хвилі через оточуючий простір.

Щільність транспортного руху, яка зростає зі збільшенням числа транспортних засобів на дорогах, також впливає на рівень шуму в міських районах. До цього долучається вплив інфраструктури та географії міста, таких як вулиці та будівлі, на розповсюдження шуму.

Отже, вплив шуму на ґрунт є складним процесом, що охоплює фізичні, хімічні та біологічні аспекти. Це підкреслює важливість розуміння цих взаємодій для розробки стратегій збереження якості ґрунтового середовища в міських районах [34, 35].

2.2. Вплив шуму на живу природу

Шумове забруднення є одією із найбільших екологічних проблем. Воно може негативно впливати на все живе, у тому числі й на тварин і рослин.

Шум викликає стрес у рослин, що призводить до зменшення продукування хлорофілу та інших важливих речовин. Це може призвести до зниження продуктивності рослин, зменшення їх росту та розвитку, а також до їх загибелі.

Крім того, шум може порушувати біологічні ритми рослин (наприклад, порушувати цикли цвітіння та плодоношення рослин). Це, в свою чергу, може призвести до зниження врожайності та навіть до загибелі рослин [36, 37].

Шум також може відлякувати комах-запилювачів, що також призводить до зниження врожайності рослин.

Шум може негативно впливати також на життєдіяльність тварин у різних аспектах, зокрема:

- Фізіологічний вплив: шум може підвищувати артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень, рівень кортизолу, а також призвести до погіршення

працездатності, розвитку захворювань серцево-судинної системи, органів слуху та інших.

- Психологічний вплив: шум може викликати стрес, тривогу, безсоння.
- Зміна поведінки: шум може призвести до зміни міграції, розмноження, поведінки у пошуках їжі та інших аспектів поведінки тварин.

Шумове забруднення може призвести до таких негативних наслідків для тварин:

- Зниження чисельності популяцій: шум може призвести до зниження чисельності популяцій тварин, оскільки він може ускладнювати спілкування, орієнтацію в просторі, пошук їжі та партнера для розмноження.
- Зміна структури екосистем: шум може призвести до зміни структури екосистем, оскільки він може призвести до зміни чисельності популяцій різних видів тварин.
- Порушення природних процесів: шум може порушити природні процеси в екосистемах, наприклад, міграцію тварин або кругообіг речовин.

Шумове забруднення може впливати на тварин як безпосередньо, так і опосередковано. Прямий вплив шуму виникає тоді, коли тварини безпосередньо піддаються впливу шуму. Опосередкований вплив шуму виникає тоді, коли шум впливає на середовище проживання тварин, наприклад, на їхні кормові ресурси або місця розмноження.

Шумове забруднення є серйозною проблемою, яка негативно впливає на все живе. Важливо вжити заходів щодо зменшення шумового забруднення, щоб захистити тварин і рослин та зберегти екосистеми [10].

2.3. Вплив шуму на здоров'я людини

Людський організм по-різному реагує шум різного рівня. Шуми рівня 70-90 дБ при тривалому впливі призводять до захворювання нервової системи, а

понад 100 дБ - до зниження слуху, аж до глухоти. 140 децибел – межа больової нестерпності шуму.

З дією шуму пов'язане зростання нервових, серцево-судинних захворювань, виразкову хворобу, розвиток приглухуватості. Шум надає шкідливий вплив на центральну нервову систему, викликаючи переважно та виснаження клітин кори головного мозку. Знижується увага, порушується координація рухів, погіршується працездатність.

Шум створює значне навантаження на нервову систему людини. Шум здатний збільшувати вміст у крові таких гормонів стресу, як кортизол, адреналін та норадреналін навіть під час сну. Чим довше ці гормони присутні в кровоносній системі, тим вища ймовірність, що вони призведуть до небезпечних для життя фізіологічних проблем.

Під дією шуму виникають та розвиваються захворювання центральної нервової та серцево-судинної систем; гіпертонічна та виразкова хвороби, виникають неврози, дратівливість, безсоння, формується синдром хронічної втоми [20].

Вплив шуму призводить до загального зростання захворюваності, ослаблення організму, придушення його захисних сил, створюються сприятливі умови для зараження інфекціями. За деякими даними, при комплексному впливі шуму та вібрацій відзначається збільшення частоти гострих респіраторних вірусних захворювань приблизно в 2 рази. За цими даними, збільшення рівня шуму з 64 дБ до 77 дБ призвело до зростання функціональних порушень нервової системи в 2-2,5 рази і порушень з боку серцево-судинної системи в 3-4 рази у операторів інформаційно-обчислювальних центрів, навіть за умов відсутності погіршення слуху при впливі шуму.

Вплив шуму 80 дБ у поєднанні з підвищеною температурою ($29 \pm 1,5$ °C) призводить до тимчасового зміщення порогу слуху, зміни часу простої та диференціовальної реакції на світловий і звуковий подразники, зміни показників м'язової витривалості, концентрації уваги, а також систолічний

показник). При цьому за відсутності впливу підвищеної температури ці показники не змінювалися, тобто підвищена температура посилювала наслідки шуму.

Рівень шуму 35–50 дБ має в основному психологічний вплив і спричиняє втому, зниження працездатності, порушення сну.

Рівень шуму 50–65 дБ викликає подразнення, проте його наслідки також мають більшою мірою психологічний характер. Негативно позначається вплив шуму на розумовій роботі. Крім того, психологічний вплив шуму залежить і від індивідуального ставлення до нього. Залежить від індивідуальної чутливості, від характеру шуму та умов його появи.

Найчастіше шум, що виробляється самою людиною, не турбує його, але водночас невеликий сторонній шум здатний викликати сильне роздратування. При тривалому впливі такого рівня шуму, можливі зміни вегетативної нервової системи [38, 39].

Рівень шуму 65-90 дБ має фізіологічний вплив. Відзначається настання стомлюваності за рахунок підвищення пульсу та артеріального тиску. Це призводить до звуження судин і, як наслідок, зниження постачання органів кров'ю. Крім того, можуть спостерігатися порушення з боку шлунково-кишкового тракту, а саме порушення моторики, збільшення шкірної провідності.

При дії шуму рівнем понад 90 дБ відзначається погіршення діяльності шлунка і кишечника, відчуття нудоти, головний біль і шум у вухах. Такий рівень шуму призводить до порушень роботи органів слуху, посилюється його вплив на систему кровообігу. Серйозною ознакою погіршення слуху є обмеженість сприйняття окремих елементів розмовної мови.

Больовий поріг відзначається при рівні шуму 120 дБ та вище. Такий рівень шуму може впливати на органи слуху механічно: порушуються зв'язки між окремими частинами внутрішнього вуха. Можливий розрив барабанної перетинки, внаслідок чого імовірно настання повної втрати слуху.

Шум рівнем понад 120 дБ механічно впливає не тільки на органи слуху, але і на весь організм. Проникаючи через шкіру, звук викликає механічне коливання тканин, і як наслідок відбувається руйнування нервових клітин, розриви дрібних кровоносних судин та ін. [26].

Дослідження, проведені в рамках Східно-Європейської асоціації акустиків, показали, що збільшення шуму на 10 дБ призводить до зростання кількості загальних захворювань на 20–30 %, а захворювань серцево-судинної системи та нервових захворювань – у 1,5–2 рази.

Також тривалий вплив шуму викликає не лише специфічні зміни з боку органів слуху, а й неспецифічні зміни функціонального стану всього організму в цілому, що виражається у порушенні нервово-психічної сфери. (Дратівливість, загальна слабкість, запаморочення, підвищена стомлюваність, розлад сну, ослаблення пам'яті та ін.).

У дітей, які мешкають в умовах міського шуму, спостерігається відставання у розумовому розвитку. Часті відвідування підлітками кінотеатрів і дискотек здатні призвести до проблем зі слухом, аж до його втрати, оскільки рівень шуму досягає 105–110 дБ, а разі посилення динаміків – до 120 дБ, що можна порівняти з шумом від електропоїзда [20, 37].

На рис. 2.1. приведена залежність між серйозністю наслідків впливу шуму та кількістю населення, що підпадає під ці наслідки. Більшість населення страждає від роздратування, порушення сну, та можливості виникнення серйозних негативних впливів на здоров'я.



Рис. 2.1 – Серйозність впливу шуму на здоров'я людей

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСТА ЛЬВОВА І КОНЦЕНТРАЦІЇ CO₂ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ

3.1. Характеристика регіону досліджень

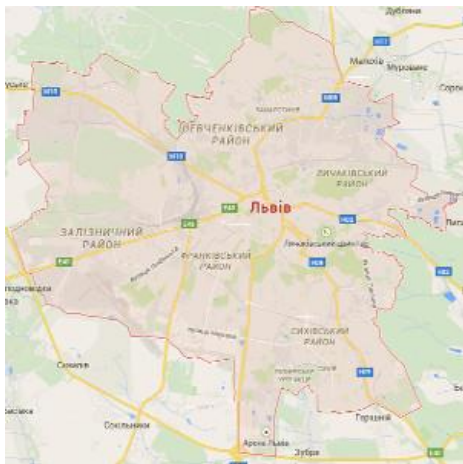


Рис.3.1 – Місто Львів на карті

Львів — місто в Україні, адміністративний центр області, агломерації, району, міської громади, національно-культурний та освітньо-науковий осередок країни, великий промисловий центр і транспортний вузол, вважається столицею Галичини та центром Західної України. За кількістю населення — п'яте місто країни (717 273 станом на 01.01.2022) [38].

Львів розміщений у центральній частині Львівської області між Яворівським, Жовківським та Пустомитівським районами, у східноєвропейському часовому поясі на 24 меридіані; місцевий час відстає від поясного на 24 хвилини. Площа міста в адміністративних межах 2012 року становить близько 182 км².

Львівський клімат є помірно континентальним з м'якою зимою і теплим літом. Середньомісячна температура повітря становить $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ у січні і $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$ у липні.

Місто Львів розташоване на р.Полтва.

Загальна довжина залізниць — 1309 км, автошляхів — 8,0 тис. км, у тому числі з твердим покриттям — 7,4 тис. км. Найбільші залізничні вузли — Львів, Красне, Стрий. У Львові є міжнародний аеропорт. Область має одну з найбільш розвинутих в державі транспортних мереж. Через її територію проходять важливі залізничні, автомобільні, трубопровідні та електричні магістралі, що з'єднують Україну з країнами Центральної Європи. Найважливіші залізничні магістралі: Київ — Львів — Прага (Будапешт), Варшава — Перемишль — Львів — Бухарест. Найважливіші залізничні вузли — Львів та Стрий. Головні

автомагістралі: Львів — Рівне — Київ, Львів — Тернопіль — Вінниця — Київ, Львів — Івано-Франківськ — Чернівці, Львів — Ужгород.

Аналіз деяких літературних джерел [3] показав, що шумове забруднення магістральних вулиць в центральній частині міста Львова в години найбільшої інтенсивності руху автотранспорту перевищує допустимі нормативи (Лекв.доп, дБА) на 27% і більше для територій, які безпосередньо прилягають до об'єктів інфраструктури.

Проведена нами дослідна робота спрямована на вивчення шумового забруднення середовища у вуличних просторах в безпосередній близькості до паркових насаджень з метою визначення впливу зелених насаджень на зниження рівня шуму.

Вимірювання шумового забруднення проводили на вулицях Листопадового Чину (біля парку Івана Франк), вулиці Стрийської (біля Стрийського парку), вулиці Личаківської (біля Личаківського парку), а також вулиці Опришківської з прилеглою територією парку «Знесіння». Заміри здійснювали в будні та вихідні дні, в різний час доби (9.00, 15.00 і 18.00 год) та на різній відстані від джерела шуму (10м, 50м, 100 м).

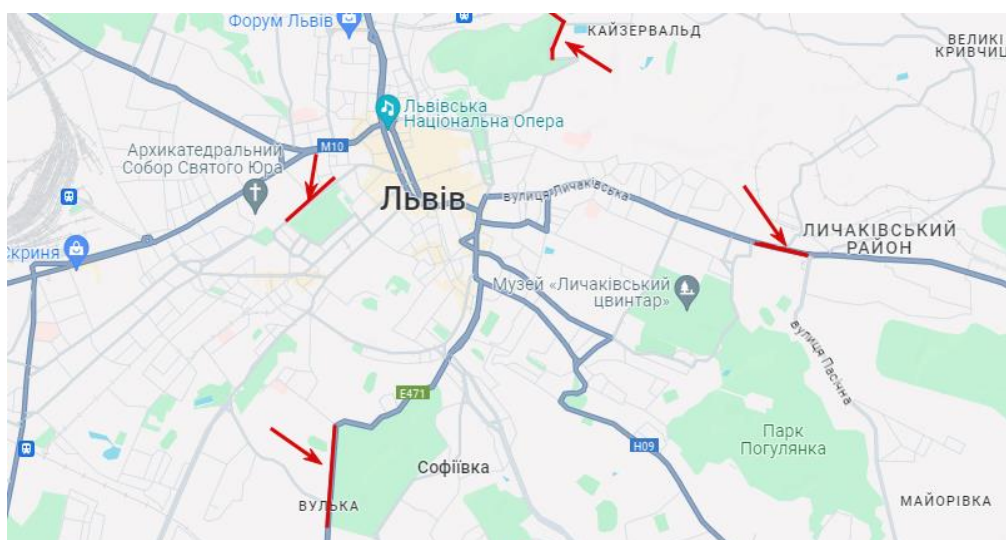


Рис. 3.2 – Досліджувані об'єкти на карті міста

Також нами було визначено інтенсивність транспортних потоків (кількість автомобілів за 1/хв).

При виборі місць для досліджень було враховано деякі ключові фактори:

- оцінка навантаженості транспортного потоку для визначення його можливого впливу на рівень шуму;
- наявність зелених насаджень, (парків зелених зон) для оцінки їхнього шумопоглинального потенціалу;
- вибір вулиць в різних частинах міста;
- зручність доступу до вибраних місць, щоб забезпечити ефективність та точність досліджень.

Узагальнюючи ці аспекти, обрані вулиці обґрунтовано відповідають потребам отримання репрезентативних та значущих даних щодо шумового забруднення в місті Львові.

Вимірювання шуму проводилося за допомогою шумоміра, який відповідає діючим вимогам Держстандарту України і має посвідчення про перевірку.

3.1.1. Вул. Листопадового Чину

Вулиця Листопадового Чину — одна з головних вулиць Львова, розташована у Галицькому районі міста. Вона починається від площі Григоренка та прямує до площі Святого Юра. Дотичні вулиці Університетська, Лепкого, Огієнка, Гоголя, Матейка та Новаківського.

Довжина вулиці становить 1,6 км.

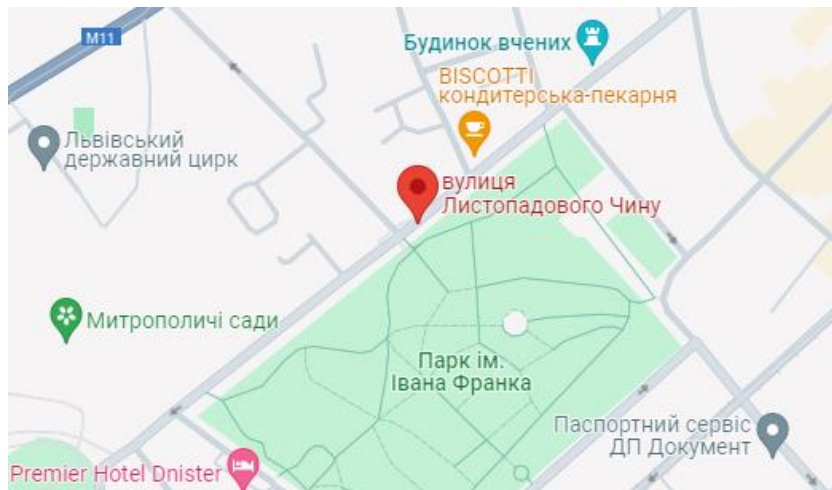


Рис. 3.3 – Вулиця Листопадового Чину на карті (м. Львів)

На вулиці Листопадового Чину розташовані такі визначні пам'ятки:

- Львівський університет імені Івана Франка
- Львівська національна академія мистецтв
- Львівський національний музей імені Андрея Шептицького
- Львівський історичний музей
- Свято-Юрський собор

Дослідження проводились з боку території Парку ім. Івана Франка - найстарішого та одного з центральних парків Львова, який розташований перед головним корпусом університету ім. Івана Франка (будівля колишнього Галицького сейму). Вважається найстарішим міським парком в Україні. Площа 10,5140 га.



Рис. 3.4 – Вулиця Листопадового Чину (м. Львів)

Деревостан у парку представлений багатовіковими деревами, висадженими у 1855—1890 роках. Переважають дуб, клен, липа, граб, в'яз, осокір, туя, сосна, ясен, гіркокаштан, вільха, ялина, робінія звичайна, бузок, тополя біла, бук. Пізніше були посаджені також рідкісні та екзотичні рослини: бундук канадський, гледичія колюча, магнолія Кобус, айлант найвищий, дуб скельний, софора японська, модрина польська, бархат амурський, кипарисовик горохоплідний, горіх чорний та інші.

3.1.2. Вул. Стрийська

Вулиця Стрийська — одна з семи магістральних вулиць Львова. Починається від вул. Івана Франка в Галицькому районі, а закінчується на міській окружній дорозі, пролягаючи по межі Франківського і Сихівського районів.

Серед львівських вулиць Стрийська — одна з найдовших (близько 7,5 км), одна з вулиць із найстарішими назвами (поточна назва — з 1626 року) та одна з вулиць із найбільшою кількістю населення.

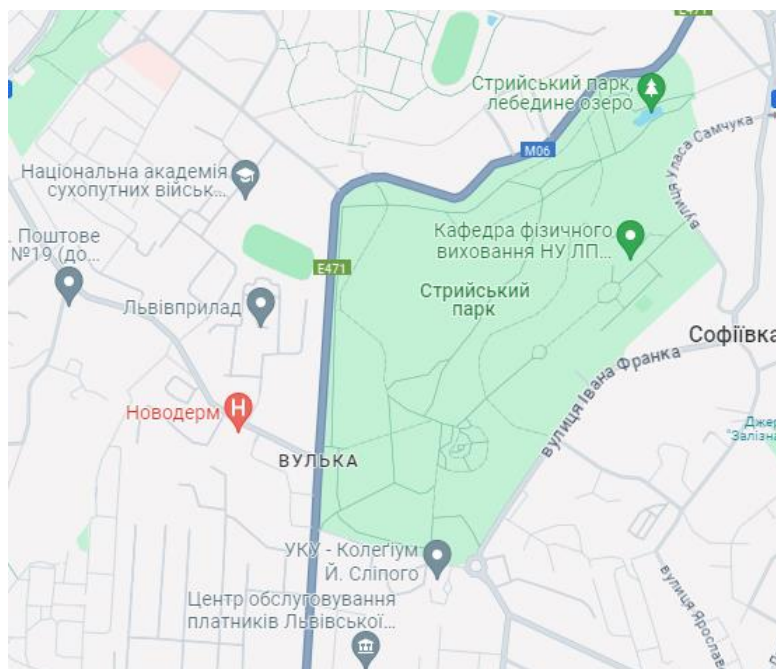


Рис. 3.5 – Вулиця Стрийська на карті (м. Львів)

Вулиця Стрийська має переважно одно- та двоповерхову забудову. На вулиці розташовані багатопверхові житлові будинки, офісні будівлі, магазини, кафе та ресторани.

На вулиці Стрийській розташовані такі визначні пам'ятки:

- Костел Святого Мартина
- Музей етнографії та художнього промислу
- Львівський театр ляльок імені Марії Заньковецької
- Львівський національний академічний театр опери та балету імені Соломії Крушельницької
- Львівський національний музей імені Андрея Шептицького
- Львівський історичний музей

Вулиця Стрийська є важливим транспортним коридором Львова. Вона є однією з основних артерій міста, яка сполучає центр міста з його околицями.

Дослідження проводились на території Стрийського парку - один із найстаріших та найгарніших парків Львова, пам'ятка садово-паркового

мистецтва національного значення. Розташований у місцевості Софіївка Галицького району.



Рис. 3.6 – Вулиця Стрийська (м. Львів)

Парк займає понад 52 гектари. Він розташований у Галицькому районі Львова, між вулицями Івана Франка, Стрийською, Уласа Самчука і Козельницькою. Складається з трьох ландшафтних частин:

- зона нижніх партерів — по дну балки
- лісопаркова зона — на схилах балки
- верхня тераса, яка фактично є територією колишньої виставки «Східні торги».

Основою планування паркової території є глибока ерозійна долина, якою протікав струмок Сорока (ліва притока Полтви); тепер тут пішохідна доріжка, яка зв'язує верхню терасу з нижньою частиною парку.

У Стрийському парку налічується понад 200 видів дерев і рослин, є оранжерея, альпінарій, платанова, липова, каштанова і вільхова алеї. Тут зростають червоний дуб, тюльпанне дерево, магнолія, сосна Веймута, японський бузок, маньчжурська аралія, гінко дволопатеве, тис ягідний, клен японський, тсуга канадська, бук червоний (форма бука звичайного), катальпа звичайна, коркове дерево амурське і тощо.

3.1.3. Вул. Личаківська

Вулиця Личаківська — одна з найдовших і найважливіших вулиць Львова. Вона починається від площі Митної і прямує на схід до східної межі міста, утворюючи перехрестя з вулицями — Котика, Мучною, Яловець, Голинського, Бахматюка та Полудневою. Довжина вулиці в межах забудови становить 4,4 км.

Вона є важливим транспортним коридором, а також місцем розташування багатьох важливих установ та закладів міста.

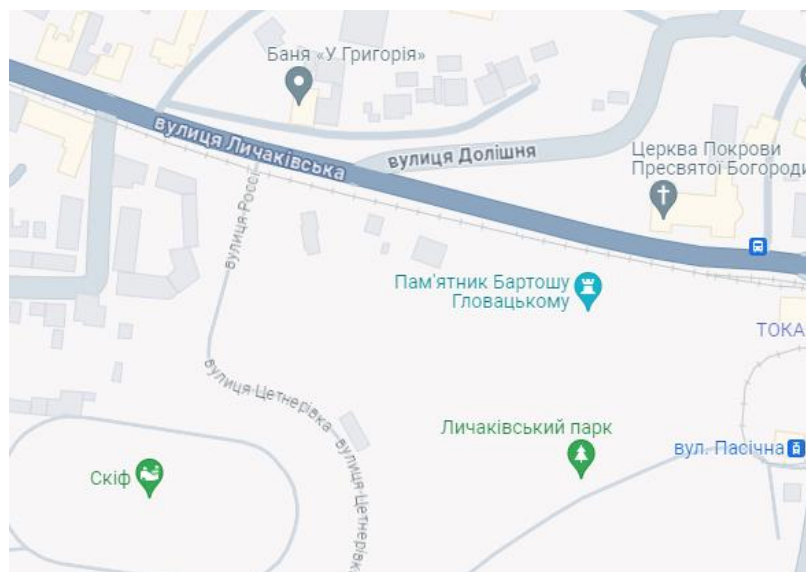


Рис. 3.7 – Вулиця Личаківська на карті (м. Львів)

На вулиці Личаківській розташовані такі визначні пам'ятки:

- Личаківський цвинтар
- Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького
- Львівський національний університет імені Івана Франка
- Львівський національний академічний театр опери та балету імені Соломії Крушельницької
- Львівський національний музей імені Андрея Шептицького
- Львівський історичний музей

Дослідження проводились на території Личаківського парку - парк у Личаківському районі Львова, пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення.

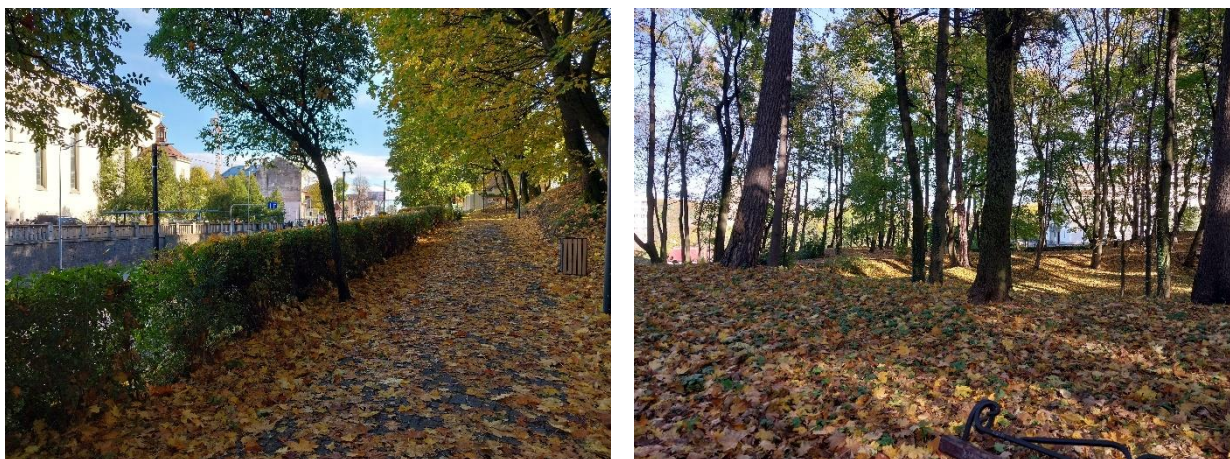


Рис.3.8 – Вулиця Личаківська (м. Львів)

Особливістю деревостану Личаківського парку є домінування чорної сосни. Тут ростуть також клени, липи, каштани, є декілька видів чагарникової флори. Росте тут також сосна, ялиця, береза.

3.1.4. Вул. Опришківська

Вулиця Опришківська розташована у Личаківському районі Львова. Вона починається від рогатки на вулиці Хмельницького і під шляхопроводом

перетинає залізничну колію Львів — Київ та прямує до вулиці Кривоноса. Прилучаються вулиці Замкова, Кордуби.

Довжина вулиці становить 1,18 км.

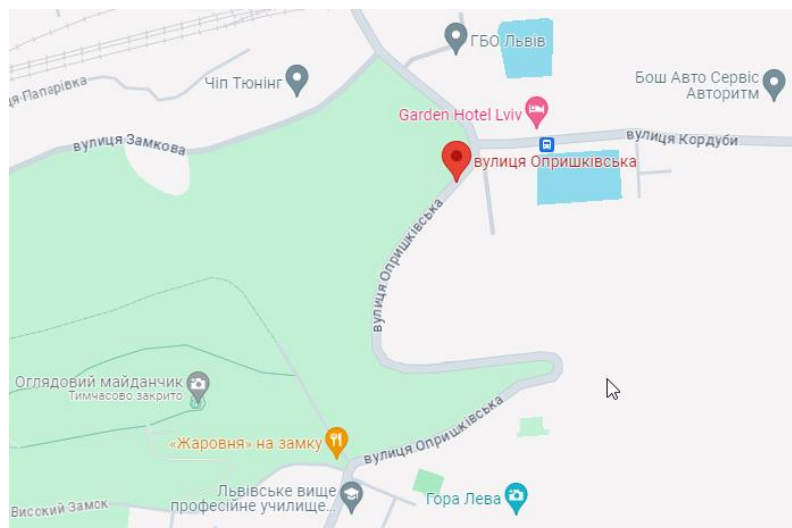


Рис. 3.9 – Вулиця Опришківська на карті (м. Львів)

Вулиця Опришківська має переважно одно- та двоповерхову забудову. На вулиці розташовані багатоповерхові житлові будинки, офісні будівлі, магазини, кафе та ресторани.

На вулиці Опришківській розташовані такі визначні пам'ятки:

- Свято-Августинський костел
- Будинок митрополита Андрея Шептицького
- Музей історії міста Львова
- Львівський національний академічний театр опери та балету імені Соломії Крушельницької

Вулиця Опришківська є однією з найважливіших вулиць Львова. Вона є важливим транспортним коридором, а також місцем розташування багатьох важливих установ та закладів міста.

Дослідження проводились на прилеглий території парку Високий замок.



Рис. 3.10 – Вулиця Опришківська (м. Львів)

3.2. Матеріали та методи дослідження

Методика дослідження включала визначення трьох точок вимірювань на відстані 10, 50 та 100 метрів від дороги в кожній локації. Застосовувався високоточний шумомір для систематичних вимірювань акустичного тиску в вихідні і будні дні о 9:00, 15:00 і 18:00, одночасно фіксуючи кількість машин за хвилину.

Обравши дану методику дослідження, яка включає вимірювання рівня шуму на зелених територіях та оцінку шумопоглинального потенціалу деревних насаджень, моєю метою було отримати комплексну інформацію для визначення впливу зелених зон на шумову ситуацію. Вибір даної методики також відповідає сучасним стандартам наукового дослідження та забезпечує наукову обґрунтованість отриманих результатів [40].

Отримані дані були оброблені та проаналізовані статистично для встановлення середнього рівня шуму, ідентифікації можливих варіацій та з'ясування зв'язку між рухом транспорту та шумовим навантаженням. Такий комплексний підхід дозволяє детально вивчити розподіл шуму, встановити залежність між відстанню від дороги та рівнем шумового навантаження, а також оцінити вплив кількості машин на шумову ситуацію в кожній вибраній локації.

Аналіз шумопоглинального потенціалу дерев дозволяє визначити ефективність їхнього впливу на акустичне навантаження та зменшення шумового забруднення [39, 41].

Вимірювання шуму здійснювали за допомогою шумоміра HT-80A Sound Level Meter.



Рис. 3.11 – Шумомір HT-80A Sound Level Meter

Шумомір «НТі НТ-80А» - цифровий прилад для визначення гучності звуку і рівня шуму як в приміщеннях, так і у вуличних умовах. Діапазон вимірювання складає 30-130 дБ при точності $\pm 1,5$ дБ [16]. Пристрій може використовуватися в області забезпечення безпеки праці та санітарного контролю, а також для оцінки рівня шуму в офісних приміщеннях, транспорті та в навколишньому середовищі. Він є зручним, компактним і доступним.

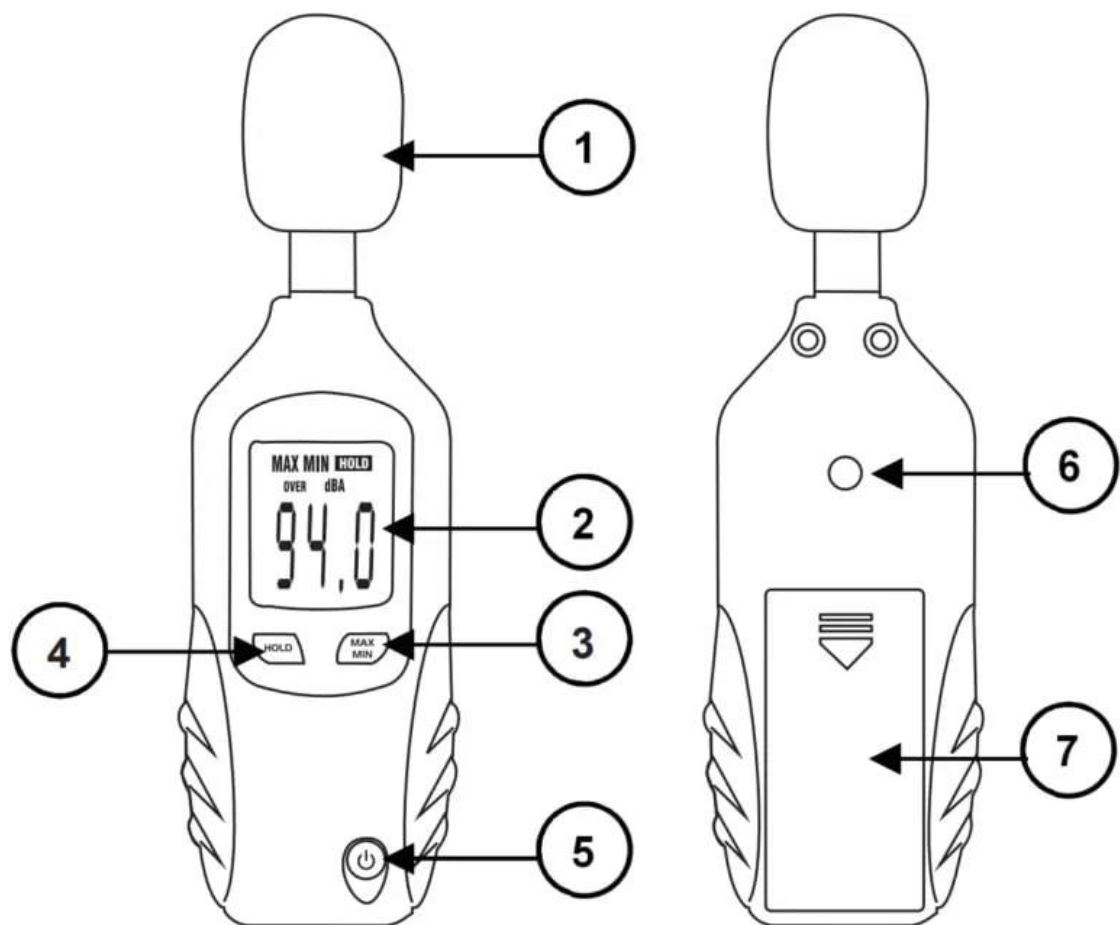


Рис. 3.12 – Опис приладу: 1 – захисний ковпак, 2 – дисплей, 3 – кнопка «MAX/MIN», 4 – кнопка «HOLD», 5 – кнопка ввімкнення/вимкнення, 6 – отвір для штатива, 7 – кришка акумулятора.

Особливості та технічні характеристики:

- Мікрофон шумоміра захищений спеціальним чохлом.
- Дисплей відображає результати вимірів і настройки приладу.

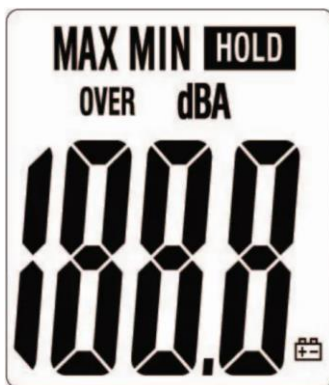


Рис. 3.13 – Вигляд дисплею

- Функція MAX/MIN – відображення та збереження найвищого і найнижчого значення.
- Живлення від батареї 9В «Крона» (6F22)
- Рівень гучності звуку: 30-130 дБ
- Діапазон частот: 31,5 Гц – 8 КГц
- Час результату: швидко – 125 мс
- Похибка вимірювань: ± 1.5 дБ
- Підсвічування дисплея: так
- Індикація заряду батареї: так)
- Вага без батареї: 140 г
- Розміри: 170x58x35 мм
- Робочі температури: 0-40°C

Використання приладу максимально просте: тримати інструмент потрібно зручно в руці або закріпити на штативі та спрямувати мікрофон на шумовий об'єкт, рівень звуку відображається на дисплеї.

Принцип роботи шумоміра полягає в наступному: вбудований мікрофон дозволяє вловлювати звукові коливання і перетворювати їх на електричний сигнал, який після обробки підсилювачем пропускається через кілька фільтрів і надходить на індикатор приладу [42].

Також паралельно з вимірюванням рівня шуму на тих самих локаціях проводились вимірювання рівня CO₂. Мета – отримати комплексний образ впливу транспортних засобів на довкілля, оскільки рівень вуглекислого газу є важливим показником автомобільного викиду та може вказувати на ступінь забруднення повітря.

Рівень CO₂ в повітрі вимірювали за допомогою портативного газоаналізатора.

Газоаналізатор DP-24 (рис 3.5.) – це серія сучасних портативних мультигазових газоаналізаторів, які дозволяють вимірювати концентрацію від одного до п'яти газоподібних речовин одночасно, а також вологість і температуру. Газоаналізатори серії DP-24 можуть бути укомплектовані різними типами датчиків в залежності від вимог і потреб одержувача [43].



Рис. 3.14 – Газоаналізатор DP-24

Газоаналізатор призначений для працівників відділів нагляду, охорони праці та протипожежного захисту, охорони навколишнього середовища, рятувальників.

Контрольовані речовини: діоксид вуглецю (CO₂), кисень (O₂), аміак (NH₃) сірководень (H₂S).

Діоксид вуглецю в атмосфері Землі. Вуглекислий газ в атмосфері Землі, станом на 2013 рік, коливався в межах від 393 ppm (0,0393 %) до 397 ppm

(0,0397 %). Роль вуглекислого газу (CO_2 , двоокис або діоксид вуглецю) в життєдіяльності біосфери полягає насамперед у підтриманні процесу фотосинтезу, який здійснюється рослинами. Оскільки двоокис вуглецю є парниковим газом, то він впливає на теплообмін планети з навколишнім простором, ефективно блокуючи відбите інфрачервоне випромінювання на низькій частоті, і таким чином бере участь у формуванні клімату планети.

Оскільки людство активно використовує викопні енергоносії як паливо, то відбувається швидке збільшення концентрації цього газу в атмосфері. Крім того, за даними МГЕЗК (Міжурядова група експертів з питань змін клімату) ООН, до третини загальних антропогенних викидів CO_2 є результатом знеліснення. Антропогенний вплив на концентрацію двоокису вуглецю помітний від середини XIX століття. Починаючи з цього часу, темп її зростання збільшувався і наприкінці 2000-х років відбувався зі швидкістю $2,20 \pm 0,01$ ppm/рік або 1,7 % за рік. Згідно з окремими дослідженням, сучасний рівень CO_2 в атмосфері є максимальним за останні 800 тис. років і, можливо, за останні 20 млн років.

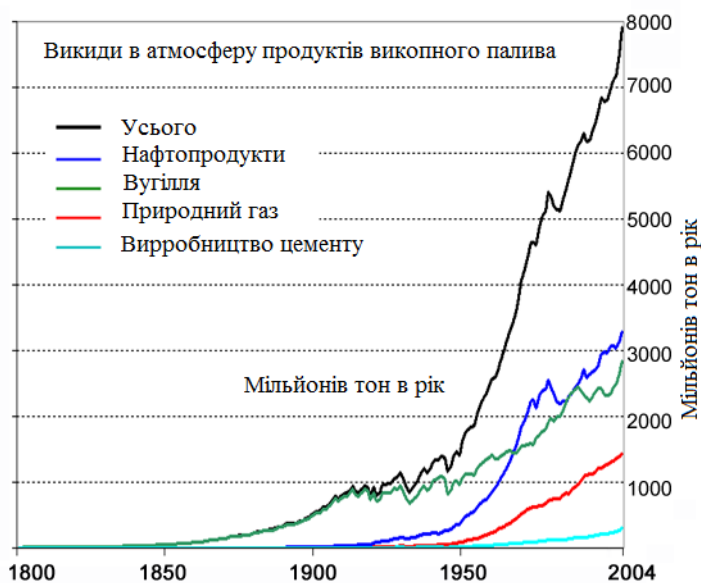


Рис. 3.15 – Емісія вуглецю в атмосферу в результаті промислової активності в 1800—2004 роках

Мільйонна частка, ppm (англ. Parts per million, читається «пі-пі-ем», «частин на мільйон») або млн⁻¹) – одиниця вимірювання концентрації та інших відносних величин, аналогічна за змістом відсотку або проміле, та являє собою одну мільйонну частку.

$$1 \text{ ppm} = 0,001 \text{ ‰} = 0,0001 \text{ \%} = 0,000001 = 10^{-6}$$

Як зазначалось вище, концентрація CO₂ в повітрі розраховується в ppm. Наприклад, 800 ppm означає, що його частка в загальному обсязі повітряної суміші становить 0,08%.

Свіже повітря на морі або за містом містить 0,03-0,04% CO₂. Це оптимальне значення. Для приміщень гранично допустимим вважається показник в 0,1-0,15%.

3.3. Результати досліджень шумового забруднення

Усі результати досліджень представлені у вигляді середніх значень шуму для різних ділянок міста в різних часових проміжках. Загальний аналіз цих середніх значень дозволяє визначити ключові тенденції шумового забруднення в міському середовищі.

В таблиці 3.5 представлені результати вимірювання середніх рівнів шуму на об'єктах дослідження, на відстані 10, 50 і 100 м від джерела із заглибленням в зону зелених насаджень.

Таблиця 3.1.

Середні значення шумового забруднення на об'єктах дослідження

Об'єкт дослідження	L _{екв} ., дБА																		
	Час	Будні дні									Вихідні дні								
		9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
	Відстань від джерела шуму, м	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
Вул. Листопадового Чину	Точка 1	60,7	56,6	54,0	62,6	55,2	55,4	60,9	58,3	53,6	63,5	53,5	51,7	64,2	61,8	56,0	64,2	60,0	59,5
	Точка 2	65,0	54,1	53,6	55,4	53,9	53,9	62,5	53,2	55,3	58,7	54,2	52,3	60,2	57,6	57,3	58,1	54,0	53,4
	Точка 3	61,5	54,8	53,4	51,8	54,8	52,3	65,8	54,6	53,8	62,4	59,1	55,1	61,3	56,6	58,3	64,5	57,0	55,0
вул. Стрийська	Точка 1	58,0	53,8	53,8	61,0	55,7	54,7	60,6	60,4	56,7	62,5	55,8	51,7	65,6	58,6	52,5	68,5	62,8	51,9
	Точка 2	60,4	56,9	52,2	56,3	53,6	52,9	65,7	61,9	56,3	68,9	53,1	51,8	67,3	68,5	51,6	69,9	63,2	50,3
	Точка 3	64,0	58,2	53,7	51,1	61,1	52,5	60,5	60,7	55,6	68,8	52,3	50,9	64,9	63,2	51,1	70,8	63,8	51,8
вул. Личаківська	Точка 1	64,6	61,0	53,2	66,3	57,4	54,1	66,4	53,6	52,3	57,0	51,4	53,2	61,2	60,3	54,3	60,2	54,6	54,1
	Точка 2	69,4	58,4	56,5	67,4	54,4	52,8	67,0	54,0	51,6	61,2	53,6	55,0	60,2	58,8	58,7	55,6	55,5	51,8
	Точка 3	66,0	53,9	50,5	64,6	54,8	50,4	69,5	53,2	51,6	62,3	58,5	52,3	60,6	56,8	57,4	57,5	55,6	56,3
вул. Опришківська	Точка 1	59,1	51,8	51,2	54,0	50,1	50,2	60,9	53,1	48,3	60,8	55,0	50,9	57,2	54,3	51,2	60,9	56,6	52,5
	Точка 2	62,6	54,0	51,8	58,4	54,8	54,5	62,2	52,9	49,3	61,0	55,4	52,1	57,6	56,4	52,1	61,5	55,7	50,9
	Точка 3	60,9	53,7	51,1	58,1	52,4	55,1	61,6	54,2	50,0	61,1	56,2	52,1	61,5	55,4	51,0	62,9	55,3	52,0
Кількість N, шт	N, к-сть	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,0	12,0	12,0	12,0
Середнє значення, М	M	62,7	55,6	52,9	58,9	54,9	53,2	63,6	55,8	52,9	62,4	54,8	52,4	61,8	59,0	53,9	62,9	57,8	53,3
Середня квадратична похибка, m	m	0,9	0,8	0,5	1,6	0,8	0,5	0,9	1,0	0,8	1,0	0,7	0,4	0,9	1,1	0,9	1,4	1,0	0,8
Стандартне відхилення, S	S	3,2	2,6	1,7	5,5	2,7	1,7	3,1	3,4	2,8	3,5	2,3	1,4	3,1	4,0	2,9	4,9	3,6	2,6
Коефіцієнт варіації	V,%	5,6	4,7	3,1	9,3	4,8	3,2	4,8	6,2	5,3	5,6	4,2	2,6	5,0	6,7	5,4	7,8	6,2	4,9
Показник точності	P,%	1,5	1,4	0,9	2,7	1,4	0,9	1,4	1,8	1,5	1,6	1,2	0,8	1,5	1,9	1,6	2,3	1,8	1,4

Результати дослідження показують, що практично на всіх точках замірів спостерігалась тенденція до зниження рівня шуму з віддаленням від джерела і одночасним заглибленням в простір зелених насаджень, що черговий раз підтверджує значення озеленення для зниження шумового забруднення. Також на основі зібраних даних можна констатувати, що рівень шуму від дорожнього руху майже на всіх об'єктах дослідження в години пікового транспортного навантаження (9.00 і 18.00 год) перевищує 60 децибел (дБА) на відстані 10 метрів від дороги, а на відстані 50 та 100 метрів від дороги зафіксовані нижчі значення, акустичне навантаження втрачає інтенсивність через розсіювання звуку в середовищі зелених насаджень і переважно знаходяться в межах норми (55 дБА).

Ще однією тенденцією є те, що на всіх точках спостережень немає суттєвої різниці між показниками рівня шуму в будні і вихідні дні. Це, очевидно, пов'язано з тим, що всі обрані об'єкти відзначаються інтенсивним рухом, хоч 2 з них (вул. Личаківська і Стрийська) знаходяться в певній віддаленості від центральної частини міста. Серед досліджуваних вулиць дещо вищим рівнем шуму в будні дні відзначалась вул. Личаківська. У вихідні дні більшою інтенсивністю звукового навантаження характеризувалась вул. Стрийська, а найменшою – вул. Опришківська.

Щодо часу спостережень, то згідно наших даних не спостерігалось суттєвої різниці акустичного навантаження, лише незначне зменшення показників о 15.00 год, порівняно з годинами пік (що є логічним з огляду на дещо меншу кількість автомобілів в цей час (додаток 1)).

Графічне зображення рівнів шуму на об'єктах дослідження представлено на рис. 3.16-3.23.

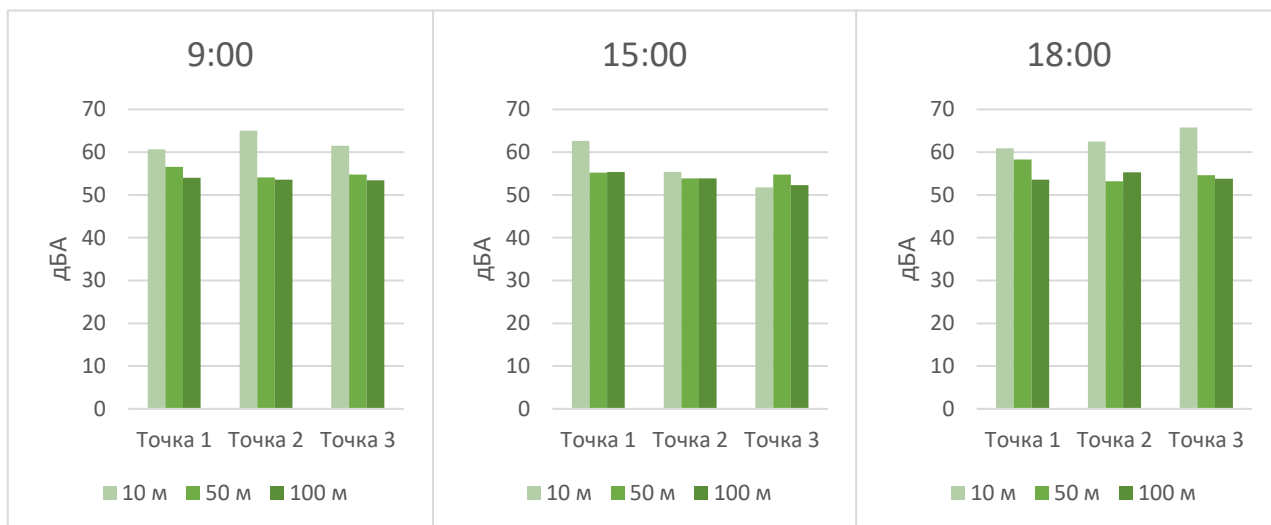


Рис. 3.16 – Середні показники вимірювань шуму у будні дні на вул. Листопадового Чину

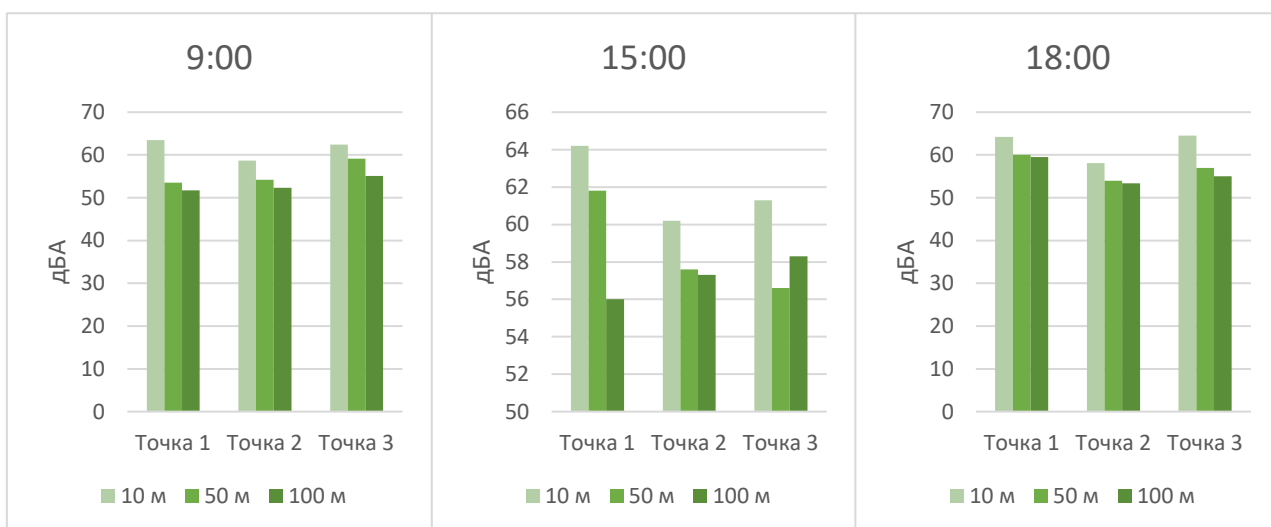


Рис. 3.17 – Середні показники вимірювань шуму у вихідні дні на вул. Листопадового Чину

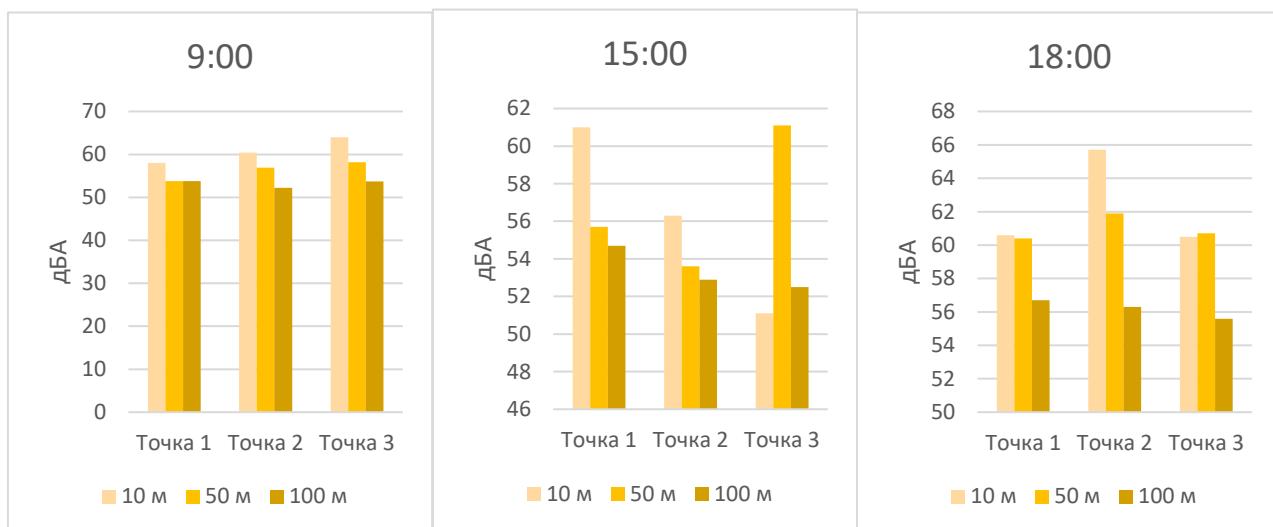


Рис. 3.18 – Середні показники вимірювань шуму у будні дні на вул. Стрийській

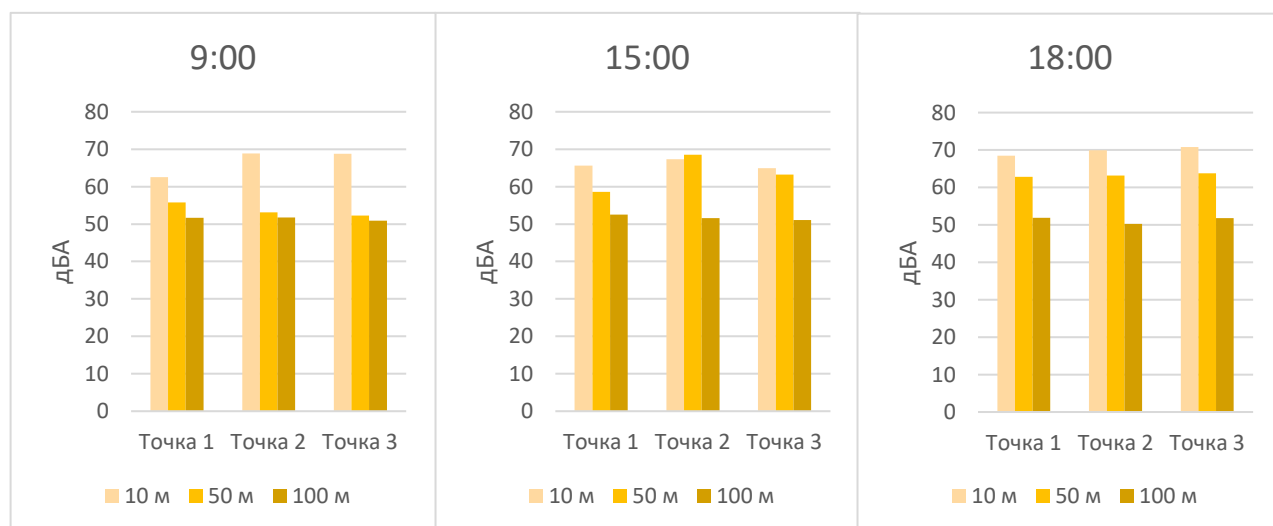


Рис. 3.19 – Середні показники вимірювань шуму у вихідні дні на вул. Стрийській

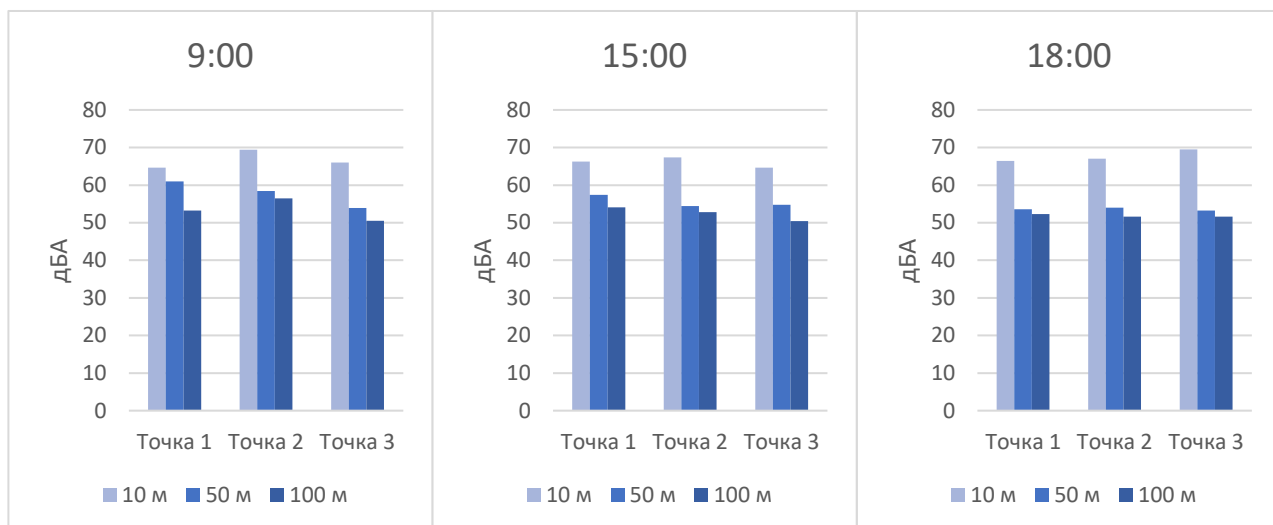


Рис. 3.20 – Середні показники вимірювань шуму у будні дні на вул. Личаківській

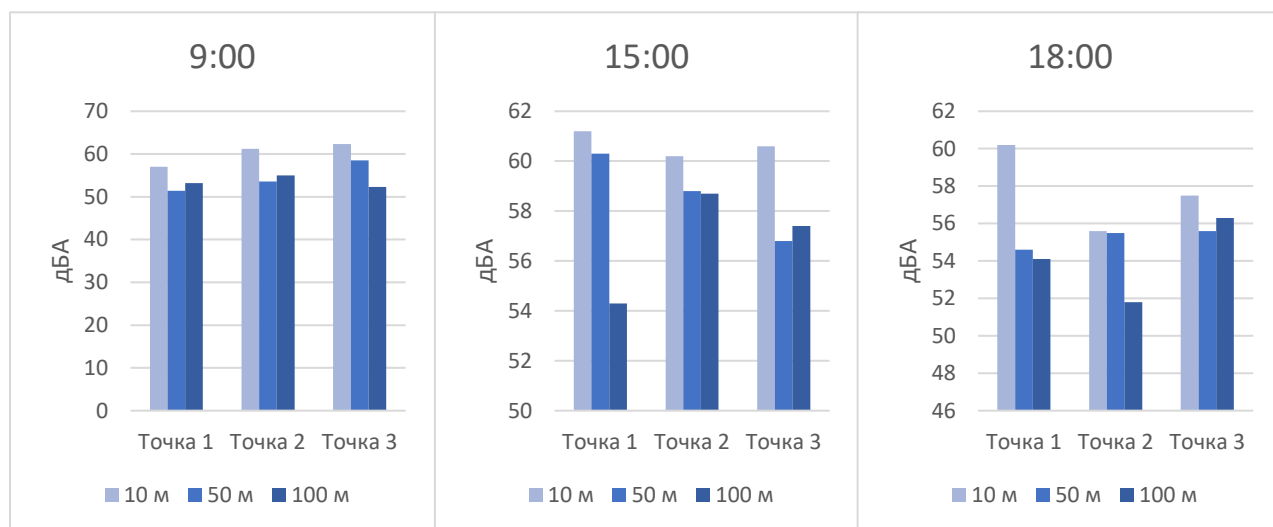


Рис. 3.21 – Середні показники вимірювань шуму у вихідні дні на вул. Личаківській

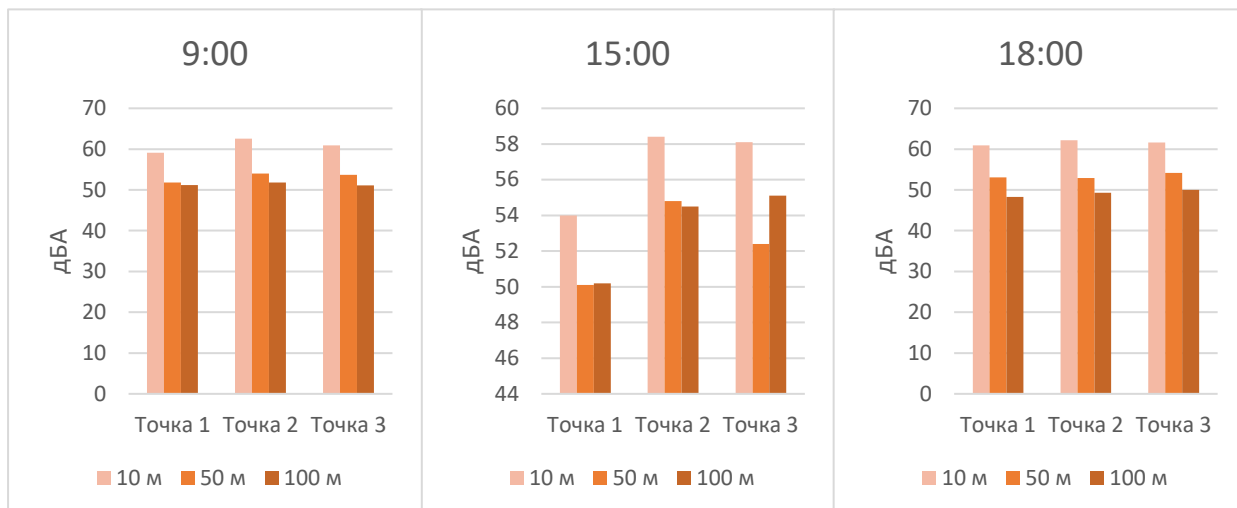


Рис. 3.22 – Середні показники вимірювань шуму у будні дні на вул. Опришківській

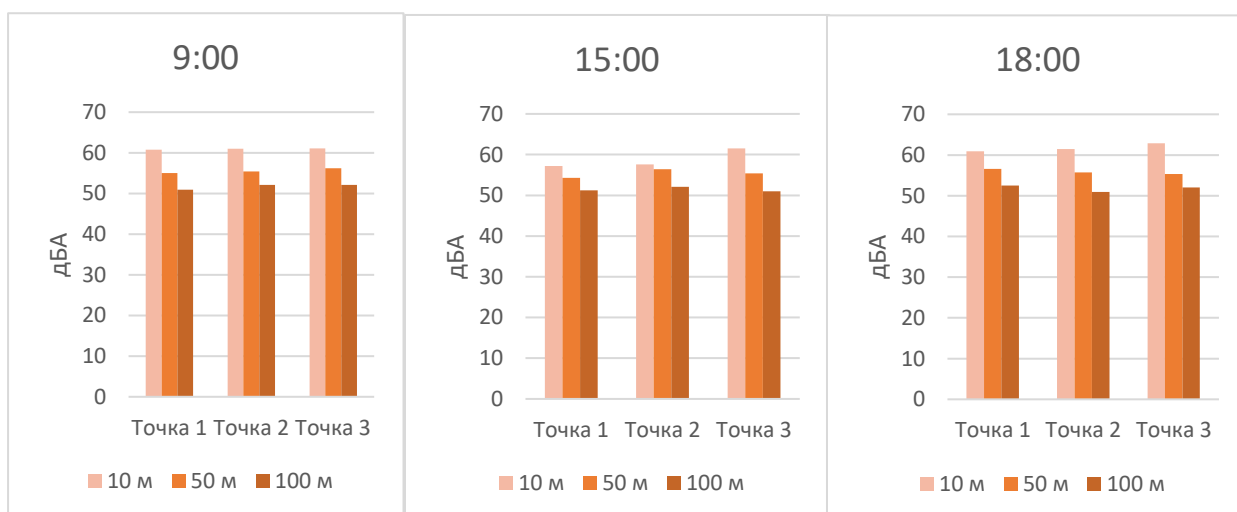


Рис. 3.23 – Середні показники вимірювань шуму у вихідні дні на вул. Опришківській

Основними джерелами шуму на досліджуваних територіях були переважно автомобілі, але також були присутні деякі фактори, які сприяють загальному шумовому фону (пішоходи, наявність дитячих майданчиків поблизу точки заміру і т.д.).

Так наприклад парк ім. Івана Франка, Стрийський і Личаківський парки є місцями відпочинку, а перші два мають на своїх територіях дитячі майданчики, поряд з якими рівень може бути вищий, ніж в інших частинах парку, незважаючи на віддаленість від джерела шуму на 50 м.

Головні автомобільні магістралі, такі як вулиця Листопадового Чину, Стрийська та Личаківська, вирізняються найвищими середніми показниками шуму, максимальні їх показники перевищують 70 дБ (табл. 3.6, рис. 3.9-3.10). Це вказує на те, що інтенсивний транспортний рух у цих зонах створює значний шумовий фон.

Таблиця 3.2

Мінімальні і максимальні показники шуму зафіксовані на об'єктах дослідження

Об'єкт дослідження	Будні дні		Вихідні дні	
	MIN	MAX	MIN	MAX
Вул. Листопадового Чину	47,2	72,3	46,1	77,5
Вул. Стрийська	47,9	71,1	43,6	86
Вул. Личаківська	47,2	78,4	42,5	72
Вул. Опришківська	40,7	67,9	44,5	69,1

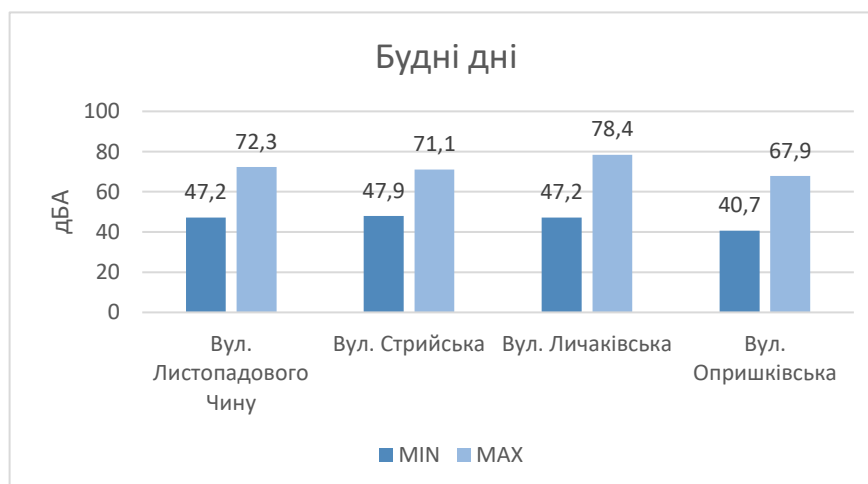


Рис. 3.24 – Мінімальні і максимальні показники шуму зафіксовані в будні дні

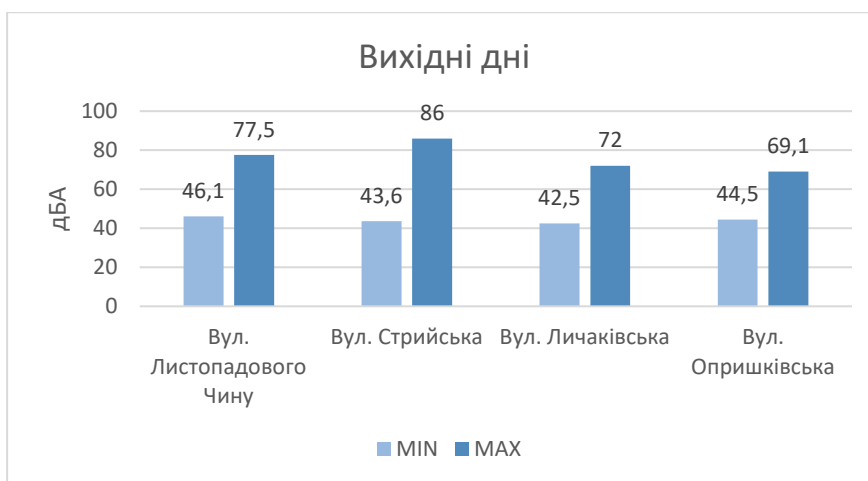


Рис. 3.25 – Мінімальні і максимальні показники шуму зафіксовані у вихідні дні

Ще одним фактором, який впливає на рівень шуму є тип дорожнього покриття. На 3 з 4 об'єктів спостережень тип покриття – бруківка. З одного боку вона має шорстку поверхню, яка краще поглинає шум, ніж гладка поверхня асфальту. Однак, з іншого боку, рівень шуму все одно може бути високим, це залежить від деяких факторів.

По-перше, через акустичні властивості бруківки під час взаємодії коліс транспортних засобів з бруківкою виникають вібрації та стуки, спричинені тертям та ударними взаємодіями. Вулиця Листопадового Чину, і частина Опришківської і Личаківська викладені бруківкою.

Другий фактор взаємодії полягає у залежності рівня шуму від швидкості транспорту. За вищою швидкістю руху транспортних засобів на дорозі з бруківкою може стояти збільшений рівень шуму, а саме взаємодія з бруківкою може підсилити цей ефект. Цим пояснюється більший рівень шуму на вул. Листопадового чину і Личаківській, де рух транспорту є досить інтенсивним, а тип дорожнього покриття (бруківка) підвищує цей показник. Натомість в 1 точці спостережень на вул. Опришківській дорожнє покриття також бруковане, але швидкість транспорту дуже низька (через крутизну схилу), що в свою чергу знижує рівень шуму і наші дані це підтверджують.

Третій аспект взаємодії визначається характером руху транспорту. Різні типи транспортних засобів можуть викликати різний рівень шуму при русі по бруківці, особливо враховуючи їхню масу та характеристики шин.

Додатковий фактор – це специфіка місцевості. Особливості ландшафту, висота будівель та наявність звукоізоляційних елементів впливають на розповсюдження та відбиття шуму, створюючи або поглиблюючи акустичні ефекти. В цьому сенсі найбільш ефективний шумознижуючий ефект має Личаківський парк та насадження парку Високий замок, які прилягають до вул. Опришківської і мають рельєфну поверхню і багатоярусний деревостан.

Важливим є також технічний стан бруківки. Її знос та якість монтажу можуть впливати на рівень шуму. Пошкоджені чи неправильно встановлені елементи бруківки можуть збільшити вібрації та призводити до додаткового шуму. На вул. Листопадового чину і Личаківській стан бруківки є добрим, а на вул. Опришківській наявні нерівності поверхні і бруковане покриття потребує відновлення.

Отже, взаємодія між шумом та бруківкою на досліджуваних точках визначається комплексом фізичних та технічних факторів, що можуть змінюватися в залежності від конкретних умов дорожньої інфраструктури.

У цілому, представлені дані дають об'єктивний погляд на шумове забруднення в місті та служать підґрунтям для розробки стратегій управління та заходів зменшення впливу шуму на середовище та життя мешканців, ролі зелених насаджень для цієї мети.

3.4. Результати досліджень рівнів CO₂ в атмосферному повітрі

Ще одним важливим аспектом наших дослідження є вимірювання рівнів вуглекислого газу в атмосферному повітрі на різних відстанях від автомобільних доріг у різний час доби. Об'єкти дослідження співпадають з тими, де здійснювалось вимірювання рівня шуму. Представлені дані висвітлюють важливі аспекти якості повітря в досліджуваних зонах і показують

кореляційний зв'язок концентрації CO₂ і наближеності до вулиці з інтенсивним транспортним рухом. Результати вимірювань концентрації CO₂ на об'єктах дослідження представлені на рис. 3.26-3.29 та в додатку 2.

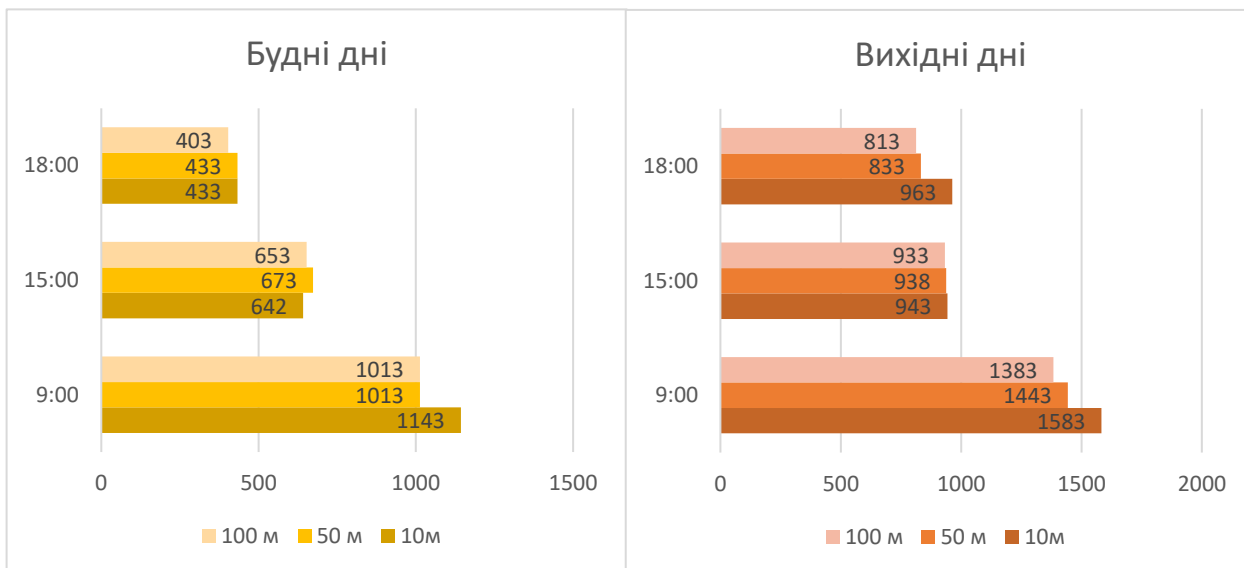


Рис. 3.26 – Показники рівня CO₂ (вул. Листопадового Чину)

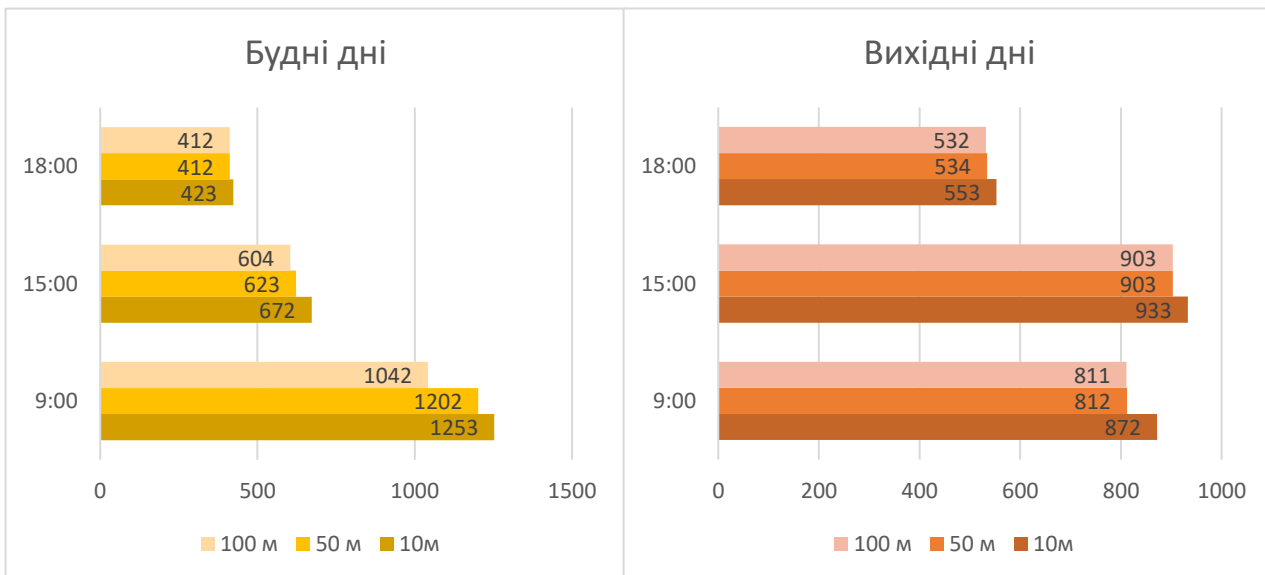


Рис. 3.27 – Показники рівня CO₂ (вул. Стрийська)

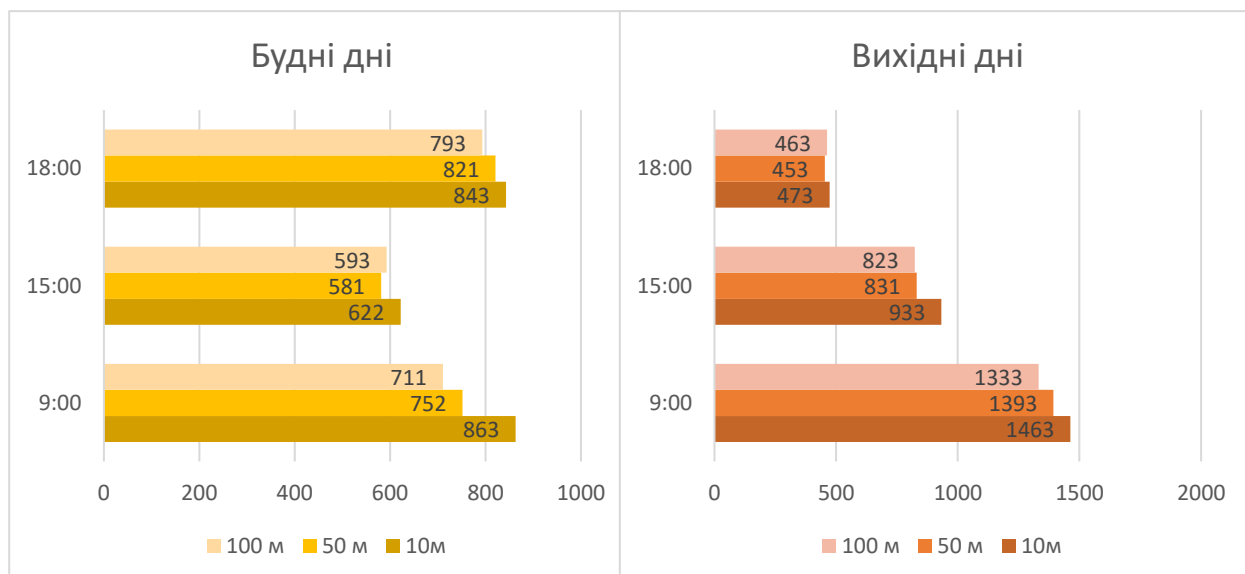


Рис. 3.28 – Показники рівня CO₂ (вул. Личаківська)

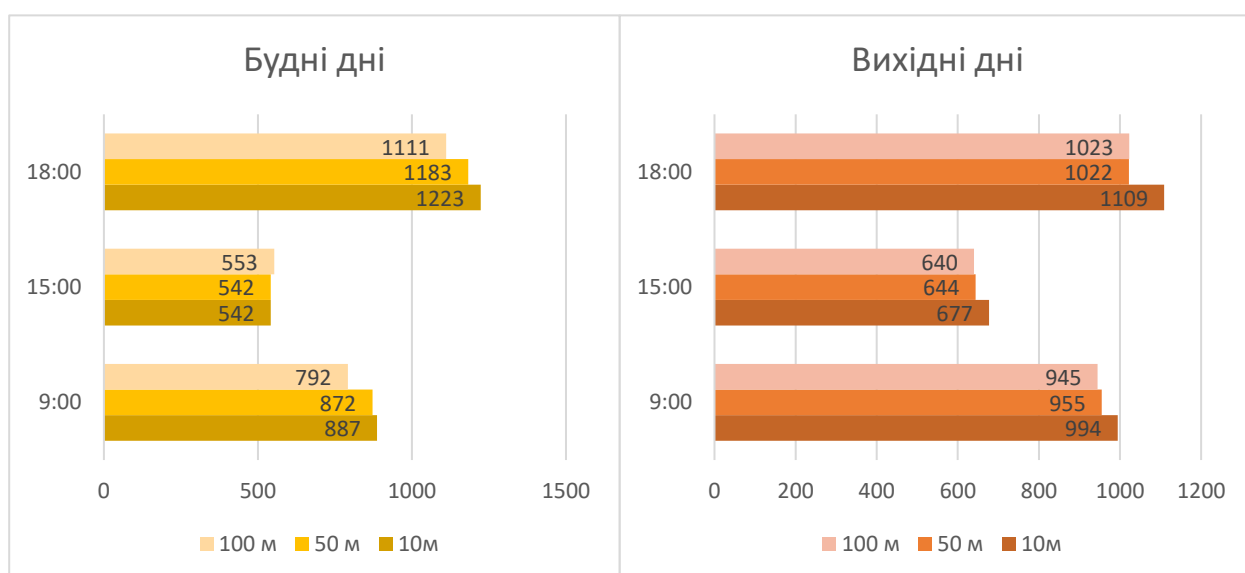


Рис. 3.29 – Показники рівня CO₂ (вул. Опришківська)

Дані вимірювань вуглекислого газу на різних відстанях від доріг, які представлені в табл. дають змогу оцінити, наскільки транспортний рух впливає на рівні CO₂ в атмосфері і як вони змінюються з віддаленням від автодороги та заглибленням в зону зелених насаджень. Результати вказують на можливість високих концентрацій CO₂ на ближній відстані від доріг, обумовлену випусками транспортних засобів.

Також на отримані результати можуть впливати погодні умови. Вони визначають рівень вуглекислого газу в атмосфері, взаємодіючи з рядом факторів. Зі зростанням температури повітря може збільшуватися фотосинтез рослин, що може призводити до зменшення концентрації CO₂ влітку. Вологе повітря сприяє збереженню CO₂, що може збільшувати його концентрацію, а низька вологість, навпаки, може сприяти його розведенню. Сонячне випромінювання є ключовим для фотосинтезу, впливаючи на концентрацію CO₂. Зміни в атмосферному тиску можуть визначати рух повітря та розподіл CO₂. Інтенсивність та напрямок вітру також мають важливий вплив на розподіл CO₂.

Розуміння цих взаємозв'язків дозволяє більш повно та об'єктивно враховувати вплив погодних умов на концентрацію вуглекислого газу в атмосфері.

Так як дослідження проводились переважно за похмурої погоди з високою вологістю в повітрі, то це пояснює накопичення CO₂ в повітрі, що, власне, знайшло відображення в показниках. Не зважаючи на це, рівень CO₂ на вулицях Листопадового Чину, Стрийській та Личаківській зменшувався з віддаленням від джерела забруднення.

Аналіз змін середніх значень CO₂ на відстані від доріг може допомогти визначити ефективність заходів для зменшення викидів та покращення якості повітря в міському середовищі. Детальне розглядання цих таблиць в контексті інших параметрів дослідження, таких як рівень шуму, може допомогти сформулювати інтегрований підхід до управління середовищем у великих міських областях.

РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ У МІСТІ

Для вирішення цих актуальних проблем, пов'язаних з високими рівнями шуму, які впливають на населення великих міст країни, і не тільки необхідно використовувати загальні принципи боротьби з шумом, використовуючи наступні заходи:

Адміністративно-організаційні:

- складання шумових карт міст;
- обмеження руху вантажного автотранспорту на автомагістралях усередині міста;
- диференціація вулиць та доріг за їх призначенням, швидкості руху та складу транспортних потоків;
- своєчасний ремонт та утримання в належному порядку дорожнього покриття. Жорсткість контролю за технічним станом громадського та особистого транспорту (технічні огляди з перевіркою шумових характеристик транспортних засобів);
- винесення автотрас для транзитного транспорту за межі міст.

Архітектурно-планувальні:

- функціональне зонування територій населених місць, тобто. відділення селітебних, рекреаційних, санаторно-курортних (та інших територій, що потребують тиші) територій. від промислових, комунальних територій (які є потужними джерелами шуму);
- розміщення у першому ешелоні будинків з низькою вимогою щодо шуму, використання рельєфу місцевості, прокладання доріг у тунелях, закритих естакадах, будівництво об'їзних доріг, розробка системи паркування та гаражів за межами житлових районів;
- зниження кількості перехресть;
- спорудження шумозахистних екранів (конструкцій).

Інженерно-технічні:

- будівництво будинків зі спеціальною архітектурно-планувальною структурою та об'ємно-просторовим рішенням, що передбачають орієнтацію спальних приміщень у бік протилежну джерелу шуму, а кухні, сходові вузли та коридори орієнтовані у бік джерел шуму;

- застосування в будинках вікон та балконів, які мають високу звукоізоляцію та спеціальні вентиляційні пристрої з глушниками шуму [44, 45].

У загальному випадку методи зниження транспортного шуму можна класифікувати по наступних трьох напрямках: зменшення шуму в джерелі його виникнення, включаючи вилучення з експлуатації транспортних засобів і зміну маршрутів їх руху, зниження шуму на шляху його розповсюдження, застосування засобів звукового захисту при сприйнятті звуку [46].

З метою відвернення, зниження і досягнення безпечних рівнів виробничих та інших шумів повинні забезпечуватися певні заходи, як це передбачено в ст. 21 Закону України “Про охорону атмосферного повітря” [14]:

- створення і впровадження малошумних машин і механізмів;
- удосконалення конструкцій транспортних та інших пересувних засобів і установок та умов їх експлуатації, а також утримання в належному стані залізничних і трамвайних колій, автомобільних шляхів, вуличного покриття;

- розміщення підприємств, транспортних магістралей, аеродромів та інших об'єктів з джерелами шуму під час планування і забудови населених пунктів відповідно до встановлених законодавством санітарно-гігієнічних вимог, будівельних норм та карт шуму;

- виробництво будівельних матеріалів, конструкцій, технічних засобів спорудження житла, об'єктів соціального призначення та будівництво споруд з необхідними акустичними властивостями;

- організаційні заходи для відвернення і зниження виробничих, комунальних, побутових і транспортних шумів, включаючи запровадження

раціональних схем і режимів руху транспорту та інших пересувних засобів і установок у межах населених пунктів.

Засоби зниження рівнів шумового забруднення представлені в табл.4.1.

Таблиця 4.1.

Ефективність заходів із зниження рівня шуму від автотранспорту

Захід для зниження транспортного шуму	Акустична ефективність заходу (зниження рівня шуму)
Часткове або повне перекриття проїжджої частини (тунелі, шумозахисні галереї)	Істотне, а в разі тунелів, повне забезпечення вимог санітарних норм
Будівництво акустичних екранів	до 18дБА
Будівництво мал шумних покриттів в порівнянні з щільними асфальтобетонами	до 3 дБА
Обмеження швидкості руху транспортного потоку до 30 км/год	до 2 дБА
Заміна світлофорного регулювання перетинів на кільцеві перетину	до 4 дБА
Заборона руху вантажних автомобілів у нічний час	до 7 дБА (в залежності від складу транспортного потоку, і швидкості руху)
«Зниження» руху транспортного потоку	до 4 дБА
Обмеження швидкості руху з попередженням про необхідність її зниження	до 3 дБА

Результати наших досліджень підтверджують, що ефективним заходом боротьби з шумом у містах є озеленення.

Рекомендується використовувати дерева з найбільшою поглинаючою здатністю як у клена, тополі, липи, в ялини вона найменша. Також для зниження шумовипромінювання можуть використовуватися вертикальні сади на фасадах будинків та озеленення дахів, яке у свою чергу, за певних форм, можуть знижувати шум до 7,5 дБ.

При виборі асортименту деревно-чагарникових порід необхідно враховувати цілий ряд факторів, які впливають на умови росту зелених насаджень і, відповідно, на їх шумозахисну ефективність. Для спеціальних

шумозахисних смуг рекомендується підбирати одну-дві основні породи дерев, які швидко ростуть, є димогазостійкими і мають масивну крону.

Найбільший асиміляційний потенціал серед дерев у міському середовищі має Береза повисла (*Betula pendula*), яка знижує рівень шуму на 2,9 дБ, а також Ліпа європейська (*Tilia europaea*) та Горобина проміжна (*Sorbus intermedia*), які знижують рівень шуму на 2 дБ відповідно.

Дерева бажано насаджувати близько одне від одного та оточувати густими чагарниками для значного зниження рівня техногенного шуму та покращення стану міського середовища. Насадження клена, тополі, липи поглинають від 10 до 20 дБ звукових сигналів.

За даними дослідників, хвойні породи (ялина і сосна) в порівнянні і з листяними (деревні і чагарникові), краще регулюють шумовий режим. Іншими дослідженнями чіткої переваги одних видів над іншими не виявлено, але абсолютно очевидно, що насадження з декількох видів дерев значно ефективніші, ніж одновидових.

Більшого шумозахисного ефекту можна досягти поєднуючи озеленення та шумозахисні екрани [45]. Ефект екрану залежить від його висоти, протяжності, відстані від джерела шуму і висоти забудови, яку потрібно захищати. Зниження шуму тим більше, чим більше різниця між шляхом, який проходить звук від джерела до жителя в обхід екрана, і шляхом, який він проходив би без екрану. У зоні прямої видимості джерела шуму ефективність екрана дорівнює нулю. Але і в зоні акустичної тіні захисні властивості екрану знижуються в результаті огинання його звуком [46].



Рис. 4.1 – Шумозахисний екран

Необхідно мати на увазі, що якщо уздовж магістралі розміщуються досить високі будівлі, то для захисту їх верхніх поверхів екрани малоефективні.

ВИСНОВКИ

Протягом останніх десятиліть, на тлі забруднення шкідливими речовинами навколишнього середовища, рівень акустичного забруднення, спричиненого транспортом, стрімко зростає. Це обумовлено постійним урбанізаційним розвитком, зростанням інтенсивності руху транспорту, підвищенням потужності двигунів та збільшенням швидкості руху.

Шляхи руху транспорту є основними джерелами шуму, і важливо враховувати це при розробці стратегій зменшення шумового впливу. Такі зони, де спостерігається висока інтенсивність транспортного руху, потребують особливої уваги та можливих заходів для зменшення шумового навантаження.

В ході виконання роботи було досягнуто наступних цілей:

1) отримано дані про шумове забруднення на вулицях з інтенсивним транспортним рухом (вул. Листопадового Чину, Стрийська, Личаківська та Опришківська);

2) на основі отриманих даних можна констатувати, що рівень шуму від дорожнього руху майже на всіх об'єктах дослідження в години пікового транспортного навантаження (9.00 і 18.00 год) перевищує 60 децибел (дБА) на відстані 10 метрів від дороги, а на відстані 50 та 100 метрів від дороги зафіксовані нижчі значення, акустичне навантаження втрачає інтенсивність через розсіювання звуку в середовищі зелених насаджень і переважно знаходяться в межах норми (55 дБА).

3) ще однією тенденцією є те, що на всіх точках спостережень немає суттєвої різниці між показниками рівня шуму в будні і вихідні дні. Серед досліджуваних вулиць дещо вищим рівнем шуму в будні дні відзначалась вул. Личаківська. У вихідні дні більшою інтенсивністю звукового навантаження характеризувалась вул. Стрийська, а найменшою – вул. Опришківська;

4) щодо часу спостережень, то згідно наших даних не спостерігалось суттєвої різниці акустичного навантаження, лише незначне зменшення

показників о 15.00 год, порівняно з годинами пік (що є логічним з огляду на дещо меншу кількість автомобілів в цей час);

5) ще одним фактором, який впливає на рівень шуму є тип дорожнього покриття. На 3 з 4 об'єктів спостережень тип покриття автодороги – бруківка. Нижчий рівень шуму на вул. Опришківській з таким типом покриття пояснюється суттєвим зменшенням швидкості автотранспорту через крутизну схилу;

6) з'ясовано, що наявність насаджень сприяє зниженню рівня акустичного навантаження;

7) проведені вимірювання концентрації вуглекислого газу показали чітку тенденцію до зменшення показників з віддаленням від автодороги і одночасним заглибленням в зону паркових насаджень;

8) розроблено і удосконалено рекомендації щодо зменшення шуму в умовах великого міста.

Завдання зниження шумового забруднення і впливу автотранспорту на природне середовище обов'язково має розглядатися в рамках будівництва та реконструкції автодоріг. У населених пунктах слід впроваджувати додаткові заходи щодо шумозахисту, такі як збільшення зелених насаджень, встановлення шумозахисних екранів і т.д. Проблема шумового забруднення, яка є відокремленою і специфічною в контексті охорони навколишнього середовища, є актуальною і має практичне значення для підвищення екологічної безпеки міського середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петлін В. Оптимізація урбоєкосистем в умовах шумового забруднення / В. Петлін, Л. Гілета // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Географія – Тернопіль: Тайп, 2010. – Вип. 2 (28). – С. 198-203.
2. Абрамов В. М. Захист населених пунктів від транспортного шуму/В. М. Абрамов, Д. Ф. Оболонков, О. А. Кулик // Збірник наукових праць ДонНАБА Випуск № 4 – 2016 (5). – С. 14-18.
3. Бичковський О.В. Проблема шумового забруднення у містах. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2014. № 4 (52). С. 218–22411.
4. Гілета Л. Місце й особливості акустичного навантаження в екологічному стані великих урбоєкосистем/ Л. Гілета// Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. – Випуск 45. – С. 185-191.
5. Данилко В.К. Статистика екології автомобільного транспорту – Житомир, 2013. – 172 с.
6. Денісов В.Н., Рогальов В.А. Проблеми екологізації автомобільного транспорту. – Київ: «Просіт», 2005. — 311 с.
7. ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення.
8. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник / В.С. Джигирей. – К.: Т-во “Знання”, 2002. – 203 с.
9. Акіменко В.Я. Розробка методики процесу дослідження суб’єктивної ідентифікації джерел звуку – як факторів дратуючої дії / В.Я. Акіменко, О.В. Шумак // Гігієна населених місць, 2013. – №61. – С. 210-217.
10. Директива Європейського парламенту та Ради ЄС від 25 червня 2002 р. N2002/49/ЄС Про оцінку та керування процесами, пов’язаними із шумом з навколишнього природного середовища

11. Постанова Міністерства охорони здоров'я України «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку й інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99» від 01.12.1999р. № 37
12. Кучеренко Л.В. Містобудівні методи захисту від шумового забруднення міст / Л.В. Кучеренко, В.С. Калініченко // Науково-технічний збірник „Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві”, 2013. – Том 14, № 1 – С. 103-107.
13. Закон України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 р. № 3353-ХІІ
14. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 р. № 2707-ХІІ
15. Екологія та автомобільний транспорт. Навчальний посібник / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун та ін. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
16. Результати дослідження шумового навантаження на вулицях, дорогах та проспектах м. Києва / І. А. Лучко, докт. техн. наук, А. В. Дмитренко.: Збірник «Геоecологія та охорона праці», Видавн. НТУУ «КПІ», 2014. – 156 с.
17. Залеський І.І., Клименко М.О. Екологія людини: Підручник. – К.:
18. Гринчишин Н.М., Шуплат Т.І., Жоріна О.О. Шумове забруднення магістральних вулиць центральної частини міста Львова. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.2021, №24.
19. Запорожець О.І., Бойченко С.В., Матвєєва О.Л., Шаманський С.Й., Дмитруха Т.І., Маджд С.М. Транспортна екологія: Навчальний посібник / За заг. редакцією С В. Бойченка. - К.: «Центр учбової літератури», 2017. - 508 с.
20. Зубик С.В. Транспортний шум міста і шляхи його зниження/ С.В. Зубик //Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.12 – С. 126-131.
21. Калин Б.М. Напрямки оптимізації шумового фактору транспортних потоків у м. Львові / Б.М. Калин, М.І. Шелевій // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2016. – Випуск № 2-2, Том 18. – С. 104-107.

22. Містобудування: Довідник проектувальника / За ред. Т.Ф. Панченко.– К.: Укрархбудінформ, 2005. – 192 с
23. Озеленення населених місць: підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.П. Кучерявий, В.С. Кучерявий — Львів, Видавництво «Новий Світ-2000», 2020.—666 с.
24. Концева В.В. До питання вибору магістралей для аналізу транспортних потоків / В.В. Концева, Т.В. Макарова// Вісник ДААТ, №4, 2009.- С.8-12
25. ДБН 360-92: Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень
26. Наказ Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови від 22.02.2019 р. № 463
27. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» від 24.07.1996 р. № 173
28. Миронюк Олег. Вплив зовнішнього шуму легкового автомобіля на довкілля / Олег Миронюк, Віктор Шевчук, Віталій Грабовець // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2019, №1(12). – С. 107-112.
29. ZANNIN P.H.T., DINIZ F.B., BARBOSA W.A. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. Appl. Acoust. 63, (4), 351, 2002.
30. Noise pollution and annoyance: An urban soundscapes study [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4918656/>
31. Environmental Noise Directive and their policy implications //Environment international. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – 2010. https://environment.ec.europa.eu/topics/noise/environmental-noise-directive_en
32. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ

33. Закон України Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 21.06.2001 № 2556-III
34. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» від 24.02.1994 р. № 4004-XII
35. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Зниження екологічних навантажень на навколишнє середовище при роботі автомобільного транспорту // Підсумки науки й техніки. ВІНИТИ, Автомобільний транспорт. - 1996. Т. 19
36. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. К. – 1999. – 32 с.
37. Кодекс України про адміністративні правопорушення від 7.12.1984 р.
38. Львівська обласна рада [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lvivoblrada.gov.ua>
39. Макарова Т.В. До питання оцінки впливу транспортного потоку на суспільно-екологічні показники місцевості, що прилягає до дороги // Т.В. Макарова, О.Г. Воловненко, С.М. Долгополов // Міжвузівський збірник
40. Методика виявлення, оцінки та ранжування потенційних екологічно небезпечних місць автомобільної дороги [Текст]: М 218-02071168-416-2005. – К.: Укравтодор, 2005. – 35 с.
41. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промислово-транспортна екологія: Учеб. Для вузів / Під ред. В.Н. Луканина. - М.: Высш. шк., 2001. - 273 с.
42. Шумомір НТ-80А Sound Level Meter [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://manuals.plus/mengshen/ht-80a-sound-level-meter-manual#general_description
43. Газоаналізатор DP-24 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nanosens.pl/zastosowanie/dp-24-miernik-wielogazowy/>
44. Сердюк С. М. Актуальні проблеми екологічної трансформації міського середовища в умовах високого автотранспортного навантаження (на

прикладі м. Дніпропетровськ) / С. Н. Сердюк, Е. Г. Христьян // Тези наук. досліджень «Географія, екологія, геологія: перший досвід наукових досліджень» – Д., 2013. – С. 101-108

45. Факторович А.А., Постніков И.Г. Захист міст від транспортного шуму.— Київ: Будівельник, 2002. — 144 с.

46. Шевченко Ю.С. Розробка моделей оцінки та підвищення ефективності зниження шуму транспортних потоків / Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Спеціальність 21.06.01

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1

Показники рівня шуму на об'єктах досліджень

Таблиця 1

Середні показники рівня шуму на вулиці Листопадового Чину

вул. Листопадового Чину																		
Середній рівень шуму, дБА																		
Час	Будні дні									Вихідні дні								
	9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
Відстань, м	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
Точка 1	60,7	56,6	54	62,6	55,2	55,4	60,9	58,3	53,6	63,5	53,5	51,7	64,2	61,8	56	64,2	60	59,5
Точка 2	65	54,1	53,6	55,4	53,9	53,9	62,5	53,2	55,3	58,7	54,2	52,3	60,2	57,6	57,3	58,1	54	53,4
Точка 3	61,5	54,8	53,4	51,8	54,8	52,3	65,8	54,6	53,8	62,4	59,1	55,1	61,3	56,6	58,3,	64,5	57	55
К-сть машин/хв, шт	14			13			14			11			13			15		

Таблиця 2

Середні показники рівня шуму на вул. Стрийській

вул. Стрийська																		
Середній рівень шуму, дБА																		
Час	Будні дні									Вихідні дні								
	9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
Відстань від джерела шуму, м	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
Точка 1	58	53,8	53,8	61	55,7	54,7	60,6	60,4	56,7	62,5	55,8	51,7	65,6	58,6	52,5	68,5	62,8	51,9
Точка 2	60,4	56,9	52,2	56,3	53,6	52,9	65,7	61,9	56,3	68,9	53,1	51,8	67,3	68,5	51,6	69,9	63,2	50,3
Точка 3	64	58,2	53,7	51,1	61,1	52,5	60,5	60,7	55,6	68,8	52,3	50,9	64,9	63,2	51,1	70,8	63,8	51,8
К-сть машин/хв, шт	28			24			26			20			26			28		

Таблиця 3

Середні показники рівня шуму на вул. Личаківській

вул. Личаківська																		
Середній рівень шуму, дБА																		
Час	Будні дні									Вихідні дні								
	9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
Відстань від джерела шуму, м	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
Точка 1	64,6	61	53,2	66,3	57,4	54,1	66,4	53,6	52,3	57	51,4	53,2	61,2	60,3	54,3	60,2	54,6	54,1
Точка 2	69,4	58,4	56,5	67,4	54,4	52,8	67	54	51,6	61,2	53,6	55	60,2	58,8	58,7	55,6	55,5	51,8
Точка 3	66	53,9	50,5	64,6	54,8	50,4	69,5	53,2	51,6	62,3	58,5	52,3	60,6	56,8	57,4	57,5	55,6	56,3
К-сть машин/хв, шт	30			23			26			14			25			22		

Таблиця 4

Середні показники рівня шуму на вул. Опришківській

вул. Опришківська																		
Середній рівень шуму, дБА																		
Час	Будні дні									Вихідні дні								
	9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
Відстань від джерела шуму, м	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
Точка 1	59,1	51,8	51,2	54	50,1	50,2	60,9	53,1	48,3	60,8	55	50,9	57,2	54,3	51,2	60,9	56,6	52,5
Точка 2	62,6	54	51,8	58,4	54,8	54,5	62,2	52,9	49,3	61	55,4	52,1	57,6	56,4	52,1	61,5	55,7	50,9
Точка 3	60,9	53,7	51,1	58,1	52,4	55,1	61,6	54,2	50	61,1	56,2	52,1	61,5	55,4	51	62,9	55,3	52
К-сть машин/хв	23			18			20			19			18			21		

ДОДАТОК 2

Показники рівня CO₂ в атмосферному повітрі на об'єктах досліджень

Таблиця 1

Показники рівня CO₂ на вул. Листопадового Чину

вул. Листопадового Чину																		
Час	Будні дні									Вихідні дні								
	9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
Відстань, м	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
Концентрація CO ₂ , ppm	114	1013	1013	642	673	653	433	433	403	1583	1443	1383	943	1023	933	963	833	813
	3																	

Таблиця 2

Показники рівня CO₂ на вул. Стрийській

вул. Стрийська																		
Час	Будні дні									Вихідні дні								
	9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
Відстань, м	10м	50м	100м	10 м	50 м	100м	10 м	50 м	100м	10 м	50 м	100м	10 м	50 м	100м	10 м	50 м	100м
Концентрація CO ₂ , ppm	125	120	1042	672	623	604	423	412	412	872	812	811	933	903	903	553	534	532
	3	2																

Таблиця 3

Показники рівня CO₂ на вул. Личаківській

вул. Личаківська																		
Час	Будні дні									Вихідні дні								
	9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
Відстань, м	10 м	50 м	100м	10 м	50 м	100м	10 м	50 м	100м	10м	50м	100м	10 м	50 м	100м	10 м	50 м	100м
Концентрація CO ₂ , ppm	863	752	711	622	581	593	843	821	793	1463	1393	1333	933	831	823	473	453	463

Таблиця 4

Показники рівня CO₂ на вул. Опришківській

вул. Опришківська																		
Час	Будні дні									Вихідні дні								
	9:00			15:00			18:00			9:00			15:00			18:00		
Відстань, м	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
Концентрація CO ₂ , ppm	887	872	792	542	542	553	1223	1183	1111	994	955	945	677	644	640	1109	1022	1023