

Назар Богданович Жигаль,

аспірант кафедри екології

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

orcid.org/0009-0008-8669-9567, e-mail: zhygalnazar@gmail.com

Галина Леонідівна Антоняк,

доктор біологічних наук, професор, професор кафедри екології

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

orcid.org/0000-0002-1640-737X, Scopus Author ID: 6603150754,

Researcher ID: I-6308-2015, e-mail: halyna.antonyak@lnu.edu.ua

АКУСТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ НА ВУЛИЦЯХ МІСТА ЛЬВОВА ТА ВПЛИВ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ НА РІВЕНЬ ШУМУ, ЗУМОВЛЕНОГО РУХОМ АВТОТРАНСПОРТУ

Анотація. Акустичний шум – поширений вид фізичного забруднення атмосфери, який погіршує якість довкілля в містах. Метою роботи було з'ясувати рівень шумового навантаження на вулицях м. Львова та вплив зелених насаджень на показники акустичного шуму, зумовленого рухом автомобільного транспорту. Для досліджень вибрали 40 ділянок: 30 ділянок (Д1–Д30) – на проспектах і вулицях міста з інтенсивним транспортним рухом і 10 ділянок (А1–А5 і Б1–Б5) – на території Скнилівського парку і парку імені Івана Виговського, прилеглих до вул. Виговського. Ділянки А1 і Б1, А2 і Б2, А3 і Б3, А4 і Б4, А5 і Б5 були розташовані на віддалі, а саме 10 м, 20 м, 50 м, 100 м і 200 м від проїзної частини вулиці. Ділянки Д1–Д30 поділили на дві групи: у групу 1 об'єднали ділянки з рівномірним рухом автотранспорту, а в групу 2 – ділянки, розташовані поблизу перехрестя і місць сполучення двох або трьох вулиць. Серед ділянок групи 1 виділили підгрупу $L_{\text{брук}}$, яка охоплювала ділянки вулиць, вимощених бруківкою, і підгрупу $L_{\text{асф}}$ – ділянки вулиць, вкритих асфальтобетонною сумішшю. Аналізували непостійний шум, який оцінювали за еквівалентним рівнем звуку ($L_{\text{Аекв}}$, дБА). Вимірювання здійснювали впродовж робочих днів тижня за допомогою шумоміра Flus MT-901A, використовуючи стандартну методику. Результати опрацьовували методами варіаційної статистики.

У процесі досліджень встановлено, що значення $L_{\text{Аекв}}$ на аналізованих ділянках Д1–Д30 становить у середньому $73,30 \pm 5,21$ дБА і перевищує показник, визначений нормативними документами. Еквівалентний рівень звуку на ділянках групи 2 перевищує значення показника $L_{\text{Аекв}}$ на ділянках групи 1 на 5,46 дБА ($p < 0,05$). На вулицях, вимощених бруківкою, показник $L_{\text{Аекв}}$ виявляє динаміку до підвищення порівняно з таким на вулицях з асфальтобетонним покриттям. Еквівалентний рівень звуку в парках зменшується на 23,4–35,9% ($p < 0,05$ – $0,01$) на ділянках, віддалених на 50–200 м від джерела шуму, яким є автомобільний рух. Оскільки зменшення шумового забруднення є однією з екосистемних послуг, які виконують зелені насадження в містах, розширення розмірів зелених зон можна рекомендувати як природно-орієнтоване рішення для поліпшення якості навколишнього середовища й екологічного стану атмосфери на території урбоекосистем.

Ключові слова: акустичний шум, забруднення атмосфери, автомобільний транспорт, екосистемні послуги, зелені насадження, урбоекосистема.

ВСТУП

Посилення процесів урбанізації, підвищення технічної оснащеності міського господарства та розвиток різних видів транспорту супроводжуються збільшенням несприятливого впливу техногенної діяльності на екологічний стан довкілля в урбоєкосистемах. Серед екологічних проблем, пов'язаних із техногенезом, значну увагу привертає шумове забруднення атмосфери [1, 2]. Акустичний шум – це сукупність небажаних звуків техногенного та біогенного походження, які заважають сприйняттю потрібних звукових сигналів. Основними джерелами техногенного шуму є автомобільний, повітряний і залізничний види транспорту, будівельні роботи, діяльність промислових підприємств і комунальних об'єктів [3]. Рівень шумового забруднення, зумовленого впливом автотранспорту, залежить від таких чинників, як інтенсивність автотранспортного навантаження, швидкість руху автомобілів, чисельність великовагових транспортних засобів і мотоциклів, тип і текстура дорожнього покриття [1, 4, 5].

Акустичний шум виявляє значний вплив на якість життя і здоров'я мешканців територій, розміщених поблизу дорожньо-транспортної інфраструктури та інших джерел шумового забруднення, причому наслідки впливу навколишнього шуму на здоров'я людей можуть бути різними: від емоційних до фізіологічних і психологічних [6–9]. Відомо, що шум – стресогенний чинник, який впливає на гормональний баланс в організмі, спричиняє роздратування, тривогу; тривале акустичне навантаження зумовлює відчуття втоми, порушення сну, підвищення артеріального тиску, депресію та зниження працездатності [10–12].

Зниження рівня шуму, зумовленого автотранспортним рухом, забезпечується різними способами, зокрема встановленням шумозахисних екранів уздовж високошвидкісних транспортних магістралей, які проходять повз житлові райони [13]. Шум від доріг та інших міських факторів можна зменшити шляхом міського планування та кращого проєктування доріг, обмеження швидкості транспортних засобів, зміни текстури поверхні проїжджої частини, обмеження руху вантажних транспортних засобів, використання засобів керування дорожнім рухом, які регулюють потік транспортних засобів для зменшення гальмування та прискорення руху автомобілів [2, 13, 14]. Разом із тим ефективним засобом захисту від шумового забруднення є зелені насадження [15, 16]. Щільна смуга дерев і кущів зменшує сприйняття шуму, формуючи візуальний і фізичний бар'єр між його джерелом і людиною, поглинаючи та розсіюючи звукові хвилі, а також створюючи ефект маскування антропогенного шуму природними звуками.

Львів належить до густонаселених міст України з інтенсивним рухом автомобільного транспорту [17–19]. Однак рівень акустичного забруднення міської атмосфери та здатність рослинності на території міста ослаблювати автотранспортний шум з'ясовано недостатньою мірою.

Метою роботи було з'ясувати рівень шумового навантаження на вулицях м. Львова та вплив зелених насаджень на показники акустичного шуму, зумовленого рухом автомобільного транспорту.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для досліджень вибрали 40 ділянок на території м. Львова. З них 30 ділянок (Д1–Д30) – на проспектах і вулицях міста, які зазнають автотранспортного навантаження, і 10 ділянок на території двох міських парків, прилеглих до вул. Виговського, а саме ділянки А1–А5 – на території Скнилівського парку, а ділянки Б1–Б5 – на території парку імені Івана Виговського (табл. 1). Ділянки А1 і Б1 були розташовані на віддалі

10 м від проїзної частини вул. Виговського, ділянки А2 і Б2 – на віддалі 20 м, ділянки А3 і Б3 – на віддалі 50 м, ділянки А4 і Б4 – на віддалі 100 м, а ділянки А5 і Б5 – на віддалі 200 м від проїзної частини вулиці.

Ділянки Д1–Д30 поділили на дві групи: у групу 1 об'єднали ділянки, які розташовані між перехрестями і характеризуються відносно рівномірним рухом автотранспорту (Д1, Д4, Д5, Д8–Д11, Д20–Д28), а в групу 2 – ділянки, розташовані поблизу перехресть і місць сполучення двох або трьох вулиць та пішохідних переходів із регульованим світлофорами рухом транспорту (Д2, Д3, Д6, Д7, Д12–Д19, Д29, Д30). Ділянки групи 1 поділили на дві підгрупи, а саме на підгрупу 1_{брук.} (ділянки на вулицях, вимощених бруківкою: Д1, Д5, Д20, Д22–Д26) і підгрупу 1_{асф.} (ділянки на вулицях, вкритих асфальтобетонною сумішшю: Д4, Д8–Д10, Д21, Д27, Д28).

Таблиця 1

Координати точок вимірювання шуму

Ділянка	Координати	Розташування
Д1	49°50'31.8"N 24°01'37.0"E	проспект Свободи
Д2	49°50'08.8"N 24°01'55.8"E	проспект Шевченка
Д3	49°50'40.4"N 24°01'35.0"E	вул. Городоцька
Д4	49°49'51.0"N 23°58'12.0"E	вул. Городоцька
Д5	49°50'03.0"N 23°59'18.0"E	вул. Городоцька
Д6	49°50'12.0"N 24°00'05.8"E	вул. Городоцька
Д7	49°49'15.0"N 23°58'10.2"E	вул. Любінська
Д8	49°49'33.5"N 23°58'50.0"E	вул. Любінська
Д9	49°49'30.4"N 23°57'18.7"E	вул. Ряшівська
Д10	49°49'41.0"N 23°58'04.2"E	вул. Виговського
Д11	49°48'56.6"N 23°58'23.5"E	вул. Виговського
Д12	49°48'51.6"N 23°58'32.8"E	вул. Виговського
Д13	49°49'22.9"N 23°57'40.0"E	вул. Патона
Д14	49°50'04.5"N 23°59'26.5"E	вул. Кульпарківська
Д15	49°48'45.5"N 23°59'02.5"E	вул. Кульпарківська
Д16	49°48'17.3"N 23°58'52.3"E	вул. Кульпарківська
Д17	49°48'07.3"N 24°01'05.3"E	вул. Стрийська
Д18	49°49'45.5"N 24°01'55.0"E	вул. Стрийська
Д19	49°49'35.2"N 24°02'01.4"E	вул. Івана Франка
Д20	49°49'28.0"N 24°02'00.3"E	вул. Івана Франка
Д21	49°49'15.7"N 24°01'42.0"E	вул. Івана Франка
Д22	49°49'53.7"N 24°02'00.0"E	вул. Івана Франка
Д23	49°50'10.5"N 24°01'59.3"E	вул. Олександра Фредра
Д24	49°50'17.0"N 24°01'58.7"E	вул. Князя Романа
Д25	49°50'16.2"N 24°02'28.4"E	вул. Пекарська
Д26	49°50'16.0"N 24°01'16.8"E	вул. Соломії Крушельницької
Д27	49°52'04.5"N 24°00'53.0"E	вул. Під Голоском
Д28	49°51'07.5"N 24°01'26.5"E	проспект В'ячеслава Чорновола
Д29	49°51'26.2"N 24°01'19.4"E	проспект В'ячеслава Чорновола
Д30	49°50'09.5"N 24°04'05.6"E	вул. Личаківська
А5	49°48'55.2"N 23°58'13.3"E	Скнилівський парк
Б5	49°48'56.5"N 23°58'39.5"E	парк імені Івана Виговського

Аналізували непостійний шум, який оцінювали за еквівалентним рівнем звуку ($L_{\text{Аекв}}$, дБА). Вимірювання здійснювали за допомогою шумоміра Flus MT-901A (Китай), використовуючи стандартну методику [20] за відсутності атмосферних опадів і швидкості вітру менше за 5 м/с, на відстані 0,5 м від особи, яка здійснює заміри, і висоті 1,5 м від земної поверхні. На ділянках Д1–Д30 рівень шуму вимірювали в робочі дні тижня впродовж трьох часових періодів (9.00–10.00, 15.00–16.00 і 17.00–18.00 год.), реєструючи покази шумоміра кожні 30 хв, і результати усереднювали. На ділянках А1–А5 і Б1–Б5 рівень шуму вимірювали впродовж періоду (9.00–10.00 год.); покази шумоміра реєстрували кожні 30 хв.

Отримані результати опрацьовували, використовуючи методи варіаційної статистики [21] за допомогою програми Microsoft Excel. Під час опрацювання даних результати вимірювань рівня шуму на ділянках А1–А5 і Б1–Б5 порівнювали з даними, отриманими на ділянках Д11 і Д12 на вул. Виговського. Результати вимірювання рівня шуму на ділянках групи 2 порівнювали з результатами, отриманими на ділянках групи 1, а результати, отримані під час досліджень на ділянках підгрупи $I_{\text{брук.}}$, порівнювали з результатами, отриманими на ділянках підгрупи $I_{\text{асф.}}$. Крім того, результати дослідження рівня шуму на ділянках Д1–Д30 порівнювали з нормативним значенням, яке становить 55 дБА для житлової зони в денний період [22].

РЕЗУЛЬТАТИ

На рисунку 1 показані середні значення показників еквівалентного рівня звуку ($L_{\text{Аекв}}$) на ділянках Д1–Д30, вибраних на проспектах і вулицях м. Львова. Як видно з отриманих результатів, більшість досліджуваних ділянок характеризується високим рівнем акустичного шуму. Зокрема, значення $L_{\text{Аекв}}$ на аналізованих ділянках є в межах 62,0–81,3 дБА, а середнє значення цього показника становить $73,30 \pm 5,21$ дБА (табл. 2).

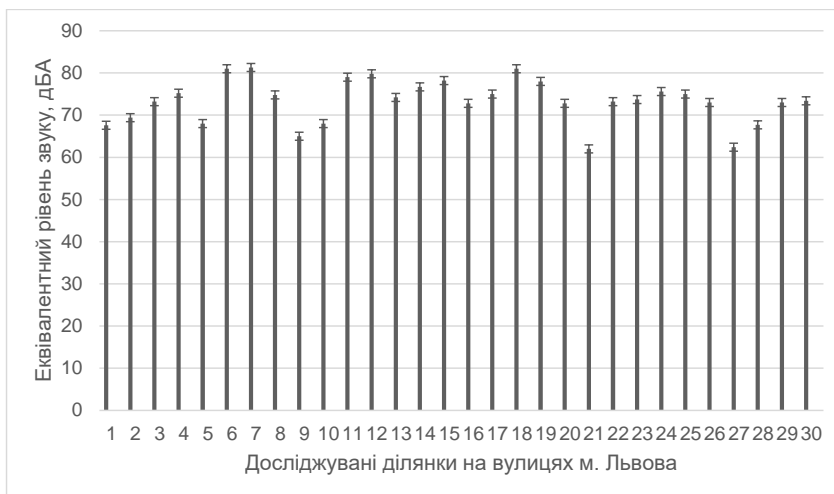


Рис. 1. Показники еквівалентного рівня звуку ($L_{\text{Аекв}}$) на досліджуваних ділянках Д1–Д30, вибраних на вулицях м. Львова

Найбільший рівень шуму виявлено поблизу перехресть, місць сполучення вулиць і регульованих пішохідних переходів. Зокрема, з проаналізованих у цьому дослідженні ділянок, у верхньому квартилі щодо значень $L_{\text{Аекв}}$, розташовані ділянки Д6 (вул. Городоцька, поблизу сполучення з вул. Чернівецькою), Д7 (вул. Любінська, поблизу перехрестя з вул. Виговського), Д12 (вул. Виговського, поблизу сполучення з вул. Скнулівською), Д14 (вул. Кульпарківська, у місці сполучення з вул. Городоцькою), Д15 (поблизу кільця вулиць Кульпарківська – Володимира Великого – Виговського), Д18 (вул. Стрийська, поблизу перехрестя з вул. Івана Франка) і Д19 (вул. Івана Франка, поблизу сполучення з вул. Уласа Самчука). Проте високий рівень шуму виявляється й на окремих ділянках із рівномірним двостороннім транспортним рухом, зокрема на ділянках Д4 (вул. Городоцька), Д11 (вул. Виговського), Д24 (вул. Князя Романа) та інших (рис. 1). У цьому контексті потрібно зазначити, що на рівень акустичного шуму істотно впливає склад транспортного потоку (зокрема, чисельність вантажних автомобілів), а також тип і стан дорожнього покриття [1, 4, 5].

Для детальнішої характеристики рівня акустичного забруднення порівнювали рівень шуму на ділянках, згрупованих за характером автотранспортного руху. Виявлено, що на ділянках групи 1 еквівалентний рівень звуку становить 62,0–79,0 дБА, а середнє значення $L_{\text{Аекв}}$ становить $70,75 \pm 5,03$ дБА (табл. 2). На ділянках групи 2 показник $L_{\text{Аекв}}$ є в межах 69,40–81,30 дБА, а середнє значення $L_{\text{Аекв}}$ досягає $76,19 \pm 3,75$ дБА (табл. 2).

Згідно з результатами досліджень, еквівалентний рівень звуку на ділянках групи 2 вірогідно перевищує значення показника $L_{\text{Аекв}}$ на ділянках групи 1 на 5,46 дБА ($p < 0,05$). Такі результати узгоджуються з даними щодо підвищення рівня акустичного шуму під час гальмування та прискорення руху автотранспортних засобів [10, 12].

З наукових джерел відомо, що тип дорожнього покриття істотно впливає на рівень акустичного забруднення довкілля [2, 14]. У нашій роботі проведено дослідження рівня акустичного шуму на ділянках вулиць з асфальтовим покриттям і тих, що вимощені бруківкою. Виявлено, що показник $L_{\text{Аекв}}$ на вулицях, вкритих бруківкою (ділянки підгрупи 1_{брук.}), у середньому на 4,37 дБА більший, ніж на вулицях з асфальтовим покриттям (ділянки підгрупи 1_{асф.}) (табл. 3). Отримані результати свідчать, що шумове забруднення загалом виявляє динаміку до збільшення на вулицях з бруківковим покриттям, яке характерне для центральної частини м. Львова.

Таблиця 2

**Статистичні параметри показників еквівалентного рівня звуку ($L_{\text{Аекв}}$)
на досліджуваних ділянках м. Львова**

Досліджувані параметри	Усі ділянки, n = 30	Ділянки групи 1, n = 16	Ділянки групи 2, n = 14
Середнє арифметичне, дБА	73,30	70,75	76,21*
Стандартне відхилення	5,21	5,03	3,75
Мінімальнє значення, дБА	62,0	62,0	69,40
Максимальнє значення, дБА	81,30	79,0	81,30
Коефіцієнт варіації, %	7,10	7,11	4,92
Медіана, дБА	73,55	72,40	75,85
Квартилі, дБА	Q1 --> 69,40 Q2 --> 73,55 Q3 --> 76,70		
Середнє геометричне, дБА	73,12	70,58	76,13

* – вірогідність різниці у значеннях показника $L_{\text{Аекв}}$ між ділянками групи 1 і групи 2 ($p < 0,05$).

Показники еквівалентного рівня звуку ($L_{Аекв.}$) на ділянках вулиць з різним типом дорожнього покриття ($M \pm m, n = 7$)

$L_{Аекв.}$ на ділянках вулиць з асфальтобетонним покриттям, дБА	$L_{Аекв.}$ на ділянках вулиць, вимощених бруківкою, дБА
67,87±5,39	72,24±2,97

Порівняння отриманих результатів із нормативним значенням рівня шуму в навколишньому середовищі (55 дБА) [22] свідчить, що фактично на всіх досліджуваних ділянках рівень шуму перевищує допустиме значення. Зокрема, рівень шуму на ділянках групи 1 перевищує рекомендований показник на 12,7–43,6%, а на ділянках групи 2 – на 26,2–47,8%. Варто зауважити, що в багатьох випадках поблизу досліджуваних ділянок на території міста розташовані житлові й громадські будівлі та споруди. Перевищення рекомендованих показників рівня шуму погіршує умови середовища проживання населення, спричиняє дискомфорт і роздратування, погіршення стану здоров'я [8, 10–12]. Також потрібно враховувати, що адаптація людей до акустичного шуму неможлива. Тому актуальним є здійснення заходів, скерованих на зниження шумового забруднення атмосфери, зокрема, в густонаселених містах, до яких належить м. Львів.

У низці праць встановлено здатність рослинності зменшувати рівень акустичного шуму завдяки формуванню фізичного бар'єра на шляху поширення звукових хвиль від джерела шуму [15, 16]. Однак рівень ослаблення шуму за наявності зелених насаджень детально не з'ясований. У нашій роботі проведено дослідження залежності між шириною смуги зелених насаджень і показником $L_{Аекв.}$ на ділянках, вибраних у міських парках на територіях, суміжних із вул. Виговського, яка, як зазначено вище, характеризується значним рівнем шуму внаслідок транспортного навантаження. Отримані результати показані на рисунках 2 і 3.

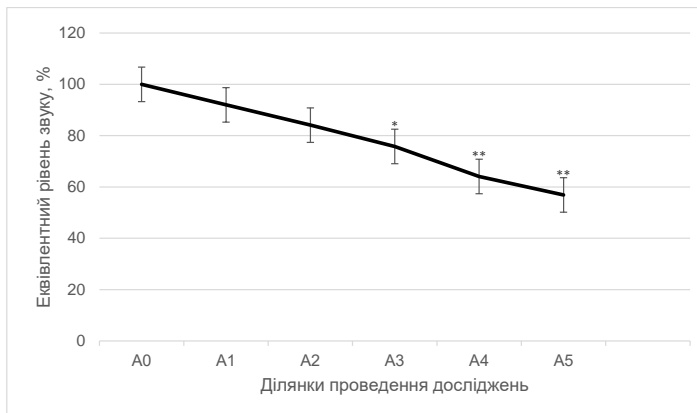


Рис. 2. Відносні значення еквівалентного рівня звуку ($L_{Аекв.}$) на ділянках Скнилівського парку залежно від віддалі від джерела шуму

Примітки: 1) позначення A0 відповідає значенню $L_{Аекв.}$ на ділянці Д11, яке вважали 100%; 2) *, ** – вірогідність різниці у значеннях показника $L_{Аекв.}$ між ділянками A3–A5 порівняно з ділянкою A0 (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$).

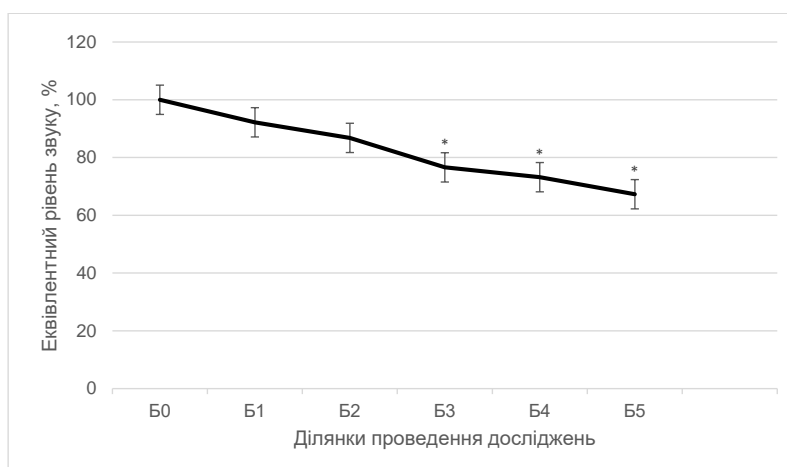


Рис. 3. Відносні значення еквівалентного рівня звуку (L_{Aeq}) на ділянках парку імені Івана Виговського залежно від віддалі від джерела шуму

Примітки: 1) позначення B0 відповідає значенню L_{Aeq} на ділянці Д12, яке вважали 100%; 2) * – вірогідність різниці у значеннях показника L_{Aeq} між ділянками B3–B5 порівняно з ділянкою B0 ($p < 0,05$).

Результати досліджень свідчать, що значення показника L_{Aeq} в обох парках поступово зменшується зі збільшенням віддалі від проїзної частини вул. Виговського (рис. 2, 3). На віддалі 50 м від джерела шуму показник L_{Aeq} у Скнилівському парку та в парку імені Івана Виговського зменшується на 24,2% і 23,4% відповідно ($p < 0,05$) порівняно з ділянками, вибраними поблизу проїзної частини вул. Виговського, а на віддалі 100 м цей показник зменшується на 35,9% ($p < 0,01$) і 27,8% ($p < 0,05$) відповідно. Найбільший рівень приглушення транспортного шуму в обох парках виявляється на віддалі 200 м від проїзної частини вулиці, а саме: на 43,15% і 32,7% ($p < 0,05-0,01$) на ділянках A5 і B5 відповідно. На ділянці A5 показник L_{Aeq} становить $47,3 \pm 3,25$ дБА і майже досягає значення, рекомендованого Державними санітарними нормами для місць відпочинку населення (45 дБА) [23]. На ділянці B5 показник L_{Aeq} становить $53,5 \pm 5,37$ дБА. Більший рівень ослаблення шуму на ділянках Скнилівського парку можна пояснити тим, що, на відміну від парку імені Івана Виговського, цей парк містить значну кількість чагарникових рослин [24]. Чагарникові рослини поглинають, розсіюють та відбивають звукові хвилі на низькій віддалі від земної поверхні, доповнюючи ефект деревних рослин щодо зменшення акустичного шуму.

З отриманих результатів випливає, що влаштування парків і скверів, висаджування дерев і кущів вздовж міських вулиць і проспектів сприяє зменшенню акустичного навантаження, створюваного рухом автомобільного транспорту. Зменшення шумового забруднення є однією з екосистемних послуг, які виконують зелені насадження в містах. Отже, розширення розмірів зелених зон можна розглядати як природно-орієнтоване рішення для поліпшення якості навколишнього середовища й екологічного стану атмосфери на території урбоекосистем.

ВИСНОВКИ

У процесі досліджень встановлено високий рівень акустичного навантаження, зумовленого рухом автотранспорту, на вулицях м. Львова. Зокрема, підвищений рівень шуму виявлено на ділянках поблизу перехресть та місць сполучення двох і трьох вулиць, де еквівалентний рівень звуку перевищує показники, характерні для ділянок із рівномірним рухом транспорту ($p < 0,05$), і є більшим за нормативне значення на 26,2–47,8%. На вулицях, вимощених бруківкою, показник $L_{Аекв}$ виявляє динаміку до підвищення порівняно з таким на вулицях, вкритих асфальтовим покриттям. Еквівалентний рівень звуку зменшується на 23,4–35,9% ($p < 0,05$ – $0,01$) на ділянках міських парків, віддалених на 50–200 м від джерела шуму, яким є автомобільний рух. Оскільки зменшення шумового забруднення є однією з екосистемних послуг, які виконують зелені насадження, розширення розмірів зелених зон можна рекомендувати як природно-орієнтоване рішення для поліпшення якості навколишнього середовища й екологічного стану атмосфери в урбоекосистемах.

У перспективі заплановані дослідження, скеровані на детальне з'ясування впливу типу дорожнього полотна на рівень акустичного шуму та підбір видів рослин, які найефективніше зменшують рівень шумового забруднення атмосфери.

ЛІТЕРАТУРА

1. Решетченко А. І. Дослідження впливу автотранспортних потоків на акустичне середовище урболандшафтів. *Комунальне господарство міст*. 2018. Вип. 7. С. 180–183.
2. Day A., Bryant D. Brake noise, vibration, and harshness. In: *Braking of Road Vehicles*. Second Edition. Elsevier Inc., 2022. P. 323–389.
3. Pascale A., Guarnaccia C., Macedo E., Fernandes P., Miranda A.I., Sargento S., Coelho M.C. Road traffic noise monitoring in a smart city: sensor and model-based approach. *Transportation Research Part D*. 2023. Vol. 125. 103979. DOI: 10.1016/j.trd.2023.103979.
4. Masino J., Pinay J., Reischl M., Gauterin F. Road surface prediction from acoustical measurements in the tire cavity using support vector machine. *Applied Acoustics*. 2017. Vol. 125. P. 41–48. DOI: 10.1016/j.apacoust.2017.03.018.
5. Sandberg U. Road traffic noise—The influence of the road surface and its characterization. *Applied Acoustics*. 1987. Vol. 21. No. 2. P. 97–118. DOI: 10.1016/0003-682X(87)90004-1.
6. Li X., Li Y., Guo W., Zhang Y. Effects of ambient noise isolation on illness severity and mental health among hospitalized children with asthma: retrospective study. *Noise and Health*. 2024. Vol. 26. No. 121. P. 128–135. DOI: 10.4103/nah.nah_22_24.
7. Liu Y., Gu D., Zhao H., Yu R. Influence of different noise types on hearing function in patients treated for mild otitis media. *Noise and Health*. 2024. Vol. 26. No. 121. P. 231–234. DOI: 10.4103/nah.nah_6_24.
8. Zhang X., Zhou S. Building a city with low noise pollution: exploring the mental health effect thresholds of spatiotemporal environmental noise exposure and urban planning solution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2024. Vol. 20. No. 5. 4222. DOI: 10.3390/ijerph20054222.
9. Zou N., Wang H., Huang Z., Wang Q. Assessment of noise exposure and risk of hearing loss for young people in amusement arcades. *Noise and Health*. 2024. Vol. 26. No. 122. P. 338–345. DOI: 10.4103/nah.nah_59_23.
10. Beutel M.E., Jünger C., Klein E.M., Wild P., Lackner K., Blettner M., Binder H., Michal M., Wiltink J., Brähler E., Münzel T. Noise annoyance is associated with depression and anxiety in the general population—the contribution of aircraft noise. *PLoS One*. 2016. Vol. 11. No. 5. e0155357. DOI: 10.1371/journal.pone.0155357.

11. Daiber A., Kröllner-Schön S., Frenis K., Oelze M., Kalinovic S., Vujacic-Mirski K., Kuntic M., Bayo Jimenez M.T., Helmstädter J., Steven S., Korac B., Münzel T. Environmental noise induces the release of stress hormones and inflammatory signaling molecules leading to oxidative stress and vascular dysfunction—Signatures of the internal exposome. *Biofactors*. 2019. Vol. 45. No. 4. P. 495–506. DOI: 10.1002/biof.1506.
12. Hammer M.S., Swinburn T.K., Neitzel R.L. EHP – environmental noise pollution in the United States: developing an effective public health response. *Environmental Health Perspectives*. 2014. Vol. 122 No. 2. P. 115–119. DOI: 10.1289/ehp.1307272.
13. Szopińska K., Balawejder M., Warchoł A. National legal regulations and location of noise barriers along the Polish highway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2022. Vol. 109. 103359. DOI: 10.1016/j.trd.2022.103359.
14. Kalel N., Bhatt B., Darpe A., Bijwe J. Suppression of brake noise and vibration using aramid and zylon fibers: experimental and numerical study. *ACS Omega*. 2022. Vol. 7. No. 25. P. 21946–21960. DOI: 10.1021/acsomega.2c02313.
15. Ayaz M., Arshad-Nauman M. Traffic noise abatement through tree and shrub vegetation. *Pakistan Journal of Forestry*. 1998. Vol. 48. No. 1–4. P. 1–11.
16. Samara T., Tsitsoni T. The effects of vegetation on reducing traffic noise from a city ring road. *Noise Control Engineering Journal*. 2011. Vol. 59. No. 1. P. 68–74. DOI: 10.3397/1.3528970.
17. Поліщук О., Лесів М., Антоняк Г. Вплив транспортного навантаження на акумуляцію металів у рослинах на території м. Львова. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2020. Вип. 82. С. 101–109. DOI: 10.30970/vlubs.2020.82.08.
18. Polishchuk A.I., Antonyak H.L. Dynamics of foliar concentrations of photosynthetic pigments in woody and herbaceous plant species in the territory of an industrial city. *Biologichni Studii / Studia Biologica*. 2022. Vol. 16. No. 2. P. 29–40. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.1602.684>.
19. Поліщук О. І., Жигаль Н. Б., Антоняк Г. Л. Динаміка концентрації хлорофілу в листках деревних рослин на території міста Львова. *Acta Carpathica*. 2023. Вип. 1. С. 34–44. DOI: 10.32782/2450-8640.2023.1.4.
20. ДСТУ-Н Б В.1.1.-35:2013. Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях. Київ : Мінрегіон України, 2014. 58 с.
21. Welham S.J., Gezan S.A., Clark S.J., Mead A. *Statistical Methods in Biology. Design and Analysis of Experiments and Regression*. Taylor & Francis Group, LLC, 2015. 568 p. DOI: 10.1201/b17336.
22. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014.
23. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 22.02.2019 № 463 «Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови». Київ, 2019.
24. Шукель І. В., Карпин Н. І., Гордійчук А. В. Особливості формування підліскового ярусу у Скнилівському парку Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.5. С. 67–71.

REFERENCES

1. Reshetchenko, A.I. (2018). Doslidzhennya vplyvu avtotransportnykh potokiv na akustychne seredovyshche urbolandshaftiv [Study of the impact of traffic flows on the acoustic environment of urban landscapes]. *Komunal'ne hospodarstvo mist*. 7. P. 180–183 [in Ukrainian].
2. Day, A., & Bryant, D. Brake noise, vibration, and harshness. In: *Braking of Road Vehicles*. Second Edition. Elsevier Inc., 2022. P. 323–389.

3. Pascale, A., Guarnaccia, C., Macedo, E., Fernandes, P., Miranda, A.I., Sargento, S., & Coelho, M.C. (2023). Road traffic noise monitoring in a smart city: sensor and model-based approach. *Transportation Research Part D*. 125. 103979. DOI: 10.1016/j.trd.2023.103979.
4. Masino, J., Pinay, J., Reischl, M., & Gauterin, F. (2017). Road surface prediction from acoustical measurements in the tire cavity using support vector machine. *Applied Acoustics*. 125. P. 41–48. DOI: 10.1016/j.apacoust.2017.03.018.
5. Sandberg, U. (1987). Road traffic noise – The influence of the road surface and its characterization. *Applied Acoustics*. 21 (2). P. 97–118. DOI: 10.1016/0003-682X(87)90004-1.
6. Li, X., Li, Y., Guo, W., & Zhang, Y. (2024). Effects of ambient noise isolation on illness severity and mental health among hospitalized children with asthma: retrospective study. *Noise and Health*. 26 (121). P. 128–135. DOI: 10.4103/nah.nah_22_24.
7. Liu, Y., Gu, D., Zhao, H., & Yu, R. (2024). Influence of different noise types on hearing function in patients treated for mild otitis media. *Noise and Health*. 26 (121). P. 231–234. DOI: 10.4103/nah.nah_6_24.
8. Zhang, X., & Zhou, S. (2024). Building a city with low noise pollution: exploring the mental health effect thresholds of spatiotemporal environmental noise exposure and urban planning solution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20 (5). 4222. DOI: 10.3390/ijerph20054222
9. Zou, N., Wang, H., Huang, Z., & Wang, Q. (2024). Assessment of noise exposure and risk of hearing loss for young people in amusement arcades. *Noise and Health*. 26 (122). P. 338–345. DOI: 10.4103/nah.nah_59_23.
10. Beutel, M.E., Jünger, C., Klein, E.M., Wild, P., Lackner, K., Blettner, M., Binder, H., Michal, M., Wiltink, J., Brähler, E., & Münzel, T. (2016). Noise annoyance is associated with depression and anxiety in the general population– the contribution of aircraft noise. *PLoS One*. 11 (5). e0155357. DOI: 10.1371/journal.pone.0155357.
11. Daiber, A., Kröller-Schön, S., Frenis, K., Oelze, M., Kalinovic, S., Vujacic-Mirski, K., Kuntic, M., Bayo Jimenez, M.T., Helmstädter, J., Steven, S., Korac, B., & Münzel, T. (2019). Environmental noise induces the release of stress hormones and inflammatory signaling molecules leading to oxidative stress and vascular dysfunction—Signatures of the internal exposome. *Biofactors*. 45 (4). P. 495–506. DOI: 10.1002/biof.1506.
12. Hammer, M.S., Swinburn, T.K., & Neitzel, R.L. (2014). EHP—environmental noise pollution in the United States: developing an effective public health response. *Environmental Health Perspectives*. 122 (2). P. 115–119. DOI: 10.1289/ehp.1307272.
13. Szopińska, K., Balawejder, M., & Warchoł, A. (2022). National legal regulations and location of noise barriers along the Polish highway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 109. 103359. DOI: 10.1016/j.trd.2022.103359
14. Kalel, N., Bhatt, B., Darpe, A., & Bijwe, J. (2022). Suppression of brake noise and vibration using aramid and zylon fibers: experimental and numerical study. *ACS Omega*. 7 (25). 21946–21960. DOI: 10.1021/acsomega.2c02313.
15. Ayaz, M., & Arshad-Nauman, M. (1998). Traffic noise abatement through tree and shrub vegetation. *Pakistan Journal of Forestry*. 48 (1–4). P. 1–11.
16. Samara, T., & Tsitsoni, T. (2011). The effects of vegetation on reducing traffic noise from a city ring road. *Noise Control Engineering Journal*. 59 (1). P. 68–74. DOI: 10.3397/1.3528970.
17. Polishchuk, O., Lesiv, M., & Antonyak, H. (2020). Vplyv transportnoho navantazhennya na akumulyatsiyu metaliv u rosllynakh na terytoriyi m. L'vova [Impact of vehicular traffic on the accumulation of metals by plants in the territory of Lviv]. *Visnyk L'vivs'koho Universytetu. Seriya biolohichna.* 82. P. 101–109. DOI: 10.30970/vlubs.2020.82.08. [in Ukrainian].
18. Polishchuk, A.I., & Antonyak, H.L. (2022). Dynamics of foliar concentrations of photosynthetic pigments in woody and herbaceous plant species in the territory of an industrial city. *Biologichni Studii / Studia Biologica*. 16 (2). P. 29–40. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.1602.684>
19. Polishchuk O.I., Zhyhal' N.B., Antonyak H.L. (2023). Dynamika kontsentratsiyi khlorofilu v lystkakh derevnykh rosllyn na terytoriyi mista L'vova [Dynamics of chlorophyll concentration

- in the leaves of woody plants in the territory of the city of Lviv]. *Acta Carpathica*. 1. P. 34–44. DOI: 10.32782/2450-8640.2023.1.4 [in Ukrainian].
20. DSTU-N B V.1.1.-35:2013. Nastanova z rozrakhunku rivniv shumu v prymishchennyakh i na terytoriyakh [Guidelines for calculating noise levels in premises and territories]. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2014. 58 p.
 21. Welham S.J., Gezan S.A., Clark S.J., Mead A. (2015). *Statistical Methods in Biology. Design and Analysis of Experiments and Regression*. Taylor & Francis Group, LLC, 568 p. DOI: 10.1201/b17336.
 22. DBN V.1.1-31:2013. Zakhyst terytoriy, budynkiv i sporud vid shumu [Protection of territories, buildings and structures from noise]. Kyiv: Ministerstvo rehional'noho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy, 2014.
 23. Nakaz Ministerstva okhorony zdorov'ya Ukrainy vid 22.02.2019 N 463 "Pro zatverdzhennya Derzhavnykh sanitarnykh norm dopustymykh rivniv shumu v prymishchennyakh zhytlovykh ta hromads'kykh budynkiv i na terytoriyi zhytlovoyi zabudovy" [On approval of State sanitary standards for permissible noise levels in the premises of residential and public buildings and in residential areas]. Kyiv, 2019.
 24. Shukel' I.V., Karpyn N.I., Hordiychuk A.V. (2012). Osoblyvosti formuvannya pidliskovoho yarusu u Sknylivs'komu parku L'vova [Peculiarities of the formation of the undergrowth layer in Sknylivskyi Park of Lviv]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy*. 22.5. P. 67–71 [in Ukrainian].

ABSTRACT

ACOUSTIC POLLUTION OF THE ATMOSPHERE ON THE STREETS OF THE CITY OF LVIV AND THE INFLUENCE OF GREEN SPACES ON THE LEVEL OF NOISE CAUSED BY VEHICULAR TRAFFIC

Acoustic noise is a common type of physical air pollution that worsens the quality of the environment in cities. The aim of this study was to determine the level of noise load on the streets of the city of Lviv and the influence of green spaces on the indices of acoustic noise caused by motor transport. Forty sites were selected for the study: 30 sites (S1–S30) were chosen on avenues and streets of the city with intensive traffic and 10 sites (A1–A5 and B1–B5) were on the territory of Sknylivsky Park and Ivan Vyhovsky Park, respectively, neighboring Vyhovsky Street. Sites A1 and B1, A2 and B2, A3 and B3, A4 and B4, A5 and B5 were located at a distance of 10 m, 20 m, 50 m, 100 m and 200 m from the roadway, respectively. Sites S1–S30 were divided into two groups: group-1 included sites with uniform traffic, and group-2 included sites located near intersections and junctions of streets. Among the sites of group-1, two subgroups were chosen, namely subgroup-1c covering sites on streets paved with cobblestones, and subgroup-1a, which included sites on streets covered with asphalt concrete mix. Non-constant noise was analyzed, assessed by the equivalent sound level (L_{Aeq} , dBA). Measurements were made during working days of the week using a Flus MT-901A noise-meter, according to the standard technique. The results were processed using variation statistics methods.

The research has established that the L_{Aeq} value on the analyzed sites S1–S30 was 73.30 ± 5.21 dBA and exceeded the value specified by regulatory documents. The equivalent sound level on sites of group-2 exceeded the L_{Aeq} value on sites of group-1 by 5.46 dBA ($p < 0.05$). On streets paved with cobblestones, the L_{Aeq} value showed an upward trend compared to that on streets with asphalt concrete pavement. The equivalent sound level in parks decreased by 23.4–35.9 % ($p < 0.05–0.01$) on sites located 50–200 m from the noise source (vehicle traffic). Since the reduction of noise pollution is one of the ecosystem services provided by green spaces in cities, the expansion of the size of green zones can be recommended as a nature-oriented solution for improving the quality of the environment and the ecological state of the atmosphere in the territory of urban ecosystems.

Key words: acoustic noise, air pollution, motor transport, ecosystem services, green spaces, urban ecosystem.