

Оцінка ефективності надання екосистемних послуг зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у міських зелених зонах міста (на прикладі міста Києва)

<https://doi.org/10.17721/2786-4561.2024.4.special-10/19>

Корогода Н.П.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна, nkorogoda@knu.ua

Анотація. Шумове забруднення є одним з чинників погіршення якості життя в містах. Природна рослинність, представлена в міських зелених зонах (МЗЗ) є ефективним засобом боротьби із дорожнім шумом. Одним із напрямів рекреаційних досліджень є оцінка ефективності, з якою МЗЗ забезпечують зниження шуму. Відповідно, проведення такої оцінки на прикладі МЗЗ м. Києва є метою даної роботи. Моделювання первинного поля шумового забруднення від автошляхів показало, що на межі зелених зон значення шуму до 73дБ спостерігаються у більш як половини МЗЗ. Також було встановлено, що переважна більшість МЗЗ (75%) має істотний потенціал та високу ефективність у зниженні рівнів шуму. Переведення значень ефективності у обсяги екосистемних послуг (ЕП) на основі функції бажаності Харрінгтона дозволяє зрозуміти, що за нинішніх рівнів автотранспортного навантаження а також параметрів МЗЗ, вони у своїй переважній більшості (2982 об'єкти) надають ЕП зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у максимальних обсягах.

Ключові слова: міські зелені зони, шумове забруднення, ефективність функціонування

Assessment of the effectiveness of ecosystem traffic noise reduce services in urban green spaces (on the example of Kyiv)

Korohoda N.P.

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, nkorogoda@knu.ua

Abstract. Noise pollution is one of the most important factors in the deterioration of the quality of life in cities. Natural vegetation in urban green spaces (UGS) is an effective instrument for reducing road noise. The primary pollution field and the parameters of the UGS determine their different ability to reduce noise levels to comfortable or at least safe levels. One of the directions in the field of recreational research is to assess the effectiveness with which UGS provide noise reduction. Accordingly, the purpose of this paper is to provide such an assessment on the example of the UGS of Kyiv. In the study, the primary field of noise pollution from roads with different traffic intensities was determined. Modelling has shown that at the border of green spaces, noise values of up to 73 dB are observed in more than half of the city's UGSs. When determining the effectiveness of the noise reduction function, it was found that the majority of UGSs (75%) have a strong potential to reduce noise levels (from 0.7 to 0.8). The modelling results showed the high efficiency of green spaces in Kyiv in performing this function - 90% of the UGSs provide safe conditions for staying. Converting the efficiency values into volumes of ecosystem services (ES) based on the Harrington's desirability function allows us to understand that, given the current levels of traffic load and the parameters of UGS, the maximum volumes of noise reduction ecosystem services provided by vast majority green spaces in Kyiv (2982 objects).

Keywords: urban green spaces, noise contamination, efficiency of functioning

Вступ. Шумове забруднення є одним з найвпливовіших чинників погіршення якості життя в містах. Шумове забруднення суттєво погіршує як фізичне так і психологічне здоров'я містян (Stansfeld et al., 2003; Welch et al., 2013). Незважаючи на те, що факторів формування міського шуму є досить багато, саме дорожній рух відіграє у його створенні домінуючу роль (Gratani & Varone, 2013). Відпочинок мешканців від міського шуму, одна з рекреаційних функцій, що її забезпечують міські зелені зони (МЗЗ), оскільки природна рослинність є ефективним засобом боротьби із дорожнім шумом (Ow & Ghosh, 2017). На сьогодні представлено значну кількість досліджень по вивченню питань пов'язаних зі зниженням рівнів шуму при функціонування зелених зон в містах (Cohen et al., 2014; Gratani & Varone, 2013; Van Renterghem et al., 2015). З аналізу даних робіт стає зрозуміло, що параметри зеленої зони цілком визначають їх неоднакову спроможність забезпечити зниження рівнів шуму до комфортних або хоча б безпечних рівнів. Тому, одним із проблемних питань у сфері рекреаційних досліджень лишається оцінка ефективності, з якою МЗЗ виконують функцію зниження рівнів шуму. Адже забезпечення такої функції формує й загальний рекреаційний потенціал МЗЗ. Проведення оцінки такої ефективності є *головною* метою даної роботи. Об'єктом дослідження стали МЗЗ міста Києва, а предметом дослідження – їх ефективність у зниженні рівнів шуму, що й визначатиме обсяги відповідної групи екосистемних послуг (ЕП).

Матеріали і методи досліджень. Відповідно до визначених у (Korohoda, 2023) індикаторів, характеристиками зелених зон, за якими можливо оцінити ефективність МЗЗ у зниженні рівнів шуму є: а) потужність джерела емісії, б) відстань від джерела шуму (Reshetchenko, 2020; Shevchenko, 2016), в) властивості самої зеленої зони. Серед характеристик зелених зон, що найбільше впливають на зниження рівнів шуму є їх тип та дендрологічний склад посадки. Саме вони й визначають частку шуму, що поглинається зеленою зоною. Ці характеристики стали основою низки розрахункових параметрів у кількісній оцінці ефективності надання ЕП (Korohoda, 2023; Korohoda & Halahan, 2023).

Кількісна оцінка ефективності має полягати у послідовному виконанні наступних завдань: 1. встановлення первинного поля шумового забруднення від автошляхів; 2. визначення ефективності виконання функції по зниженню шуму, що виконують МЗЗ залежно від свого стану; 3. переведення значень ефективності у обсяги екосистемних послуг.

Результати та їх аналіз. Процедура проведення кількісної оцінки ефективності на прикладі МЗЗ міста Києва проводилась наступним чином: при виконанні першого завдання було проведено оцінку початкового рівня шуму, який надходить від кожного автошляху. Для цього дорогам різних класів, було присвоєно значення показника *Power_emission* та враховано відстань - показник *Distance*, на якій розташована зелена зона від джерела шуму. Ці показники, за моделлю (1) дозволили встановити початковий рівень шуму, який створюються на межі зеленої зони – параметр *Cont_noise*.

$$Cont_noise = Power_emission - 0,005 * Distance \quad (1),$$

де *Cont_noise* (дБ) – шумове забруднення на межі зеленої зони, *Power_emission* (дБ) – шум, що надходить від автошляху, *Distance* – відстань від автошляху (м).

Моделювання *Cont_noise* показало, що на межі МЗЗ найнижчі для Києва значення шуму від автошляхів (до 73 дБ) спостерігаються у більш як половини МЗЗ міста Києва (табл. 1). При цьому значення до 70 дБ спостерігаються у 185 об'єктів з вибірки загальною кількістю 4322, що становить лише 4,28%. Ці об'єкти розташовані переважно ближче до околиць. Серед них зовсім немає МЗЗ, розташованих в центрі міста, оскільки відстань, яка б дозволила зменшити показники потужності джерела емісії не спостерігається у щільнозабудованих районах. Максимальні значення (85дБ) мають 117 об'єктів, що становить лише 2,71 % вибірки. Дані значення спостерігаються на межі зелених зон, що розташовані у безпосередній близькості до магістральних вулиць та доріг загальноміського та районного значення

безперервного руху на околицях міста та магістральних вулиць та доріг загальноміського та районного значення регульованого руху, що «наскрізно» перетинають Київ.

Таблиця 1. Статистика за результатами моделювання початкового рівня шуму

Cont_noise

Cont_noise	% зелених зон	Об'єктів
[60,7-73)	55	2376
[73-77)	3	142
[77- 80)	15	658
[80-85]	27	1146

При виконанні другого завдання було визначено характеристики МЗЗ, що впливають на їх здатність до шумозниження наступним чином: на основі (Buchhorn et al., 2020; OpenStreetMap, 2023; Zanaga et al., 2021) було встановлено типи зелених зон та тип рослинності у їх межах; кожному типу рослинності були присвоєні значення коефіцієнтів зниження рівня шуму - $I_{noise_reduction_i}$ (Korohoda, 2023). Це дозволило встановити для кожної зеленої зони середньозважений за площами коефіцієнт зниження рівня шуму, $I_{noise_reduction(g_a)}$ (2), що й відображає її потенціал у виконанні досліджуваної функції.

$$I_{noise_reduction(g_a)} = \sum I_{noise_reduction_i} * P_i, \quad (2),$$

де $I_{noise_reduction(g_a)}$ - розрахунковий показник зниження рівнів шуму у зеленій зоні, $I_{noise_reduction_i}$ – коефіцієнт зниження рівня шуму і-тим типом рослинності, P_i - частка площі зеленої зони, яку займає і-тий тип рослинності.

Моделювання $I_{noise_reduction(g_a)}$ показало, що переважна більшість МЗЗ (75%), враховуючи видовий склад насаджень та частку площі, що займає той чи інший тип рослинності мають суттєвий потенціал у зниженні рівнів шуму (від 0,7 до 0,8) (табл. 2). Причому це в основному насадження у центральних, щільнозабудованих районах. Такі дані цілком відповідають і характеру посадки і типу рослинності, що переважає у м. Києві: парки шириною понад 50 м, невеликі (шириною до 50 м) лісопаркові масиви. У той же час великі лісопарки на околицях міста, хоча і складають невелику частку за кількістю (8%), проте мають найкращий потенціал у зниженні рівнів шуму ($I_{noise_reduction(g_a)} < 0,7$) та займають суттєві площі. Також позитивним є те, що МЗЗ з найнижчим потенціалом у шумозниженні складають лише 2% від вибірки. Це загалом створює позитивні передумови для комфортного проживання містян.

Таблиця 2. Статистика за результатами моделювання середньозважених за площами коефіцієнтів зниження рівня шуму у МЗЗ - $I_{noise_reduction(g_a)}$

$I_{noise_reduction(g_a)}$	% зелених зон	Об'єктів
[0,6-0,7)	8	329
[0,7-0,8)	75	3250
[0,8-0,9)	15	637
[0,9-0,955]	2	106

Отримані значення $I_{noise_reduction(g_a)}$ дозволили визначити «залишковий» рівень шуму в зеленій зоні – показник *Noise*, що розраховується відповідно до моделі (3).

$$Noise = Cont_noise * I_noise_reduction_{(g,a)} \quad (3),$$

де *Noise* (дБ) - «залишковий» рівень шуму в зеленій зоні, *Cont_noise* (дБ) – шумове забруднення на межі зеленої зони, *I_noise_reduction*_(g,a) - коефіцієнт зниження рівня шуму в зеленій зоні.

Результати моделювання *Noise* показують, що за нинішніх параметрів МЗЗ шумове навантаження зменшується, зокрема частка зелених зон, де спостерігаються «залишкові» рівні шуму *Noise* = 60,7-73 дБ, становить 23%, в той час як початкові рівні шуму такої сили *Cont_noise* – спостерігались у 55% випадків. Також у абсолютній більшості зелених зон (73%) спостерігаються рівні шуму < 60,7 дБ. Такі результати говорять про те, що у 90% зелених зон шумове забруднення, пов'язане з впливом автомагістрального шуму ефективно нівелюється.

Ефективність у виконанні функції слід розраховувати зважаючи і на силу антропогенного навантаження, і на потенціал зеленої зони у його зниженні. Ці два аспекти повністю описують сторону пропозиції ЕП. Сторону ж попиту слід враховувати зважаючи на три змінні: силу антропогенного навантаження, потенціал зеленої зони у зниженні рівнів шуму та санітарні норми, що визначають безпечне середовище для людини (допустимі рівні звуку для території житлових мікрорайонів, що у денний час становлять 55дБ) (DBN...,2014). Відповідно, ефективність – показник *E_noise_reduction* слід визначати як різницю між «залишковим» рівнем шуму в зеленій зоні та санітарними нормами за формулою (3).

$$E_noise_reduction = Noise - 55 \quad (3),$$

де *E_noise_reduction* - ефективність зеленої зони у зниженні рівнів шуму, *Noise* (дБ) «залишковий» рівень шуму в зеленій зоні.

За таким алгоритмом, всі зелені зони, які здатні знижувати початкові рівні шуму до безпечних або близьких до них показників є найбільш ефективними у наданні ЕП зі зниження рівня шуму від дорожнього руху. До таких же слід відносити й ті зелені зони, що отримали від'ємні значення показника *E_noise_reduction*, тобто знижують шумове забруднення до рівнів, нижчих, ніж визначено санітарними нормами.

Результати моделювання показали високу ефективність зелених зон м. Києва у виконанні даної функції, адже у 90% МЗЗ створюються безпечні умови перебування. Лише у 10% є ризик для перебування, оскільки при рівнях шуму у 65 дБ вже виникає помірний ризик для людей віку 12–27 років, високий для віку до 40 років та екстремальний – для людей старше 40 років (Shevchenko, 2016).

Обраховані значення ефективності дозволили визначити обсяги ЕП зі зниження рівнів шуму - *ES_noise_reduction*. Дану процедуру було виконано через нормування показників ефективності на основі функції бажаності Харрінгтона (Harrington, 1965). У даному випадку ми скористалися спадною функцією, у якій при зниженні показника якість об'єкта зростає, тобто за 0 правлять найкращі характеристики зеленої зони (максимальні обсяги послуг), а за 1 – найгірші (Korohoda et al., 2022).

Результати свідчать про те, що за нинішніх рівнів автотранспортного навантаження (потужності джерела емісії) а також метричних та якісних параметрів МЗЗ м. Києва у своїй переважній більшості (2982 об'єкти – 69%) надають екосистемні послуги зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у максимальних обсягах. Лише 44 з досліджених об'єктів (1%) надають такі ЕП у мінімальних обсягах; 176 об'єктів (4%) – у обсягах нижче середніх; 221 (5%) – середніх; 899 (21%) – вище середніх. Цілком закономірно, що це вузькі смуги, вкриті трав'яною рослинністю вздовж великих автомагістралей.

Висновки. У роботі, відповідно до загальної мети було встановлено первинне поле шумового забруднення від автошляхів з різною інтенсивністю транспортного потоку. Моделювання показало, що на межі зелених зон значення шуму від автошляхів до 73 дБ спостерігаються у більш як половини МЗЗ м. Києва. При визначенні ефективності виконання функції по зниженню шумового забруднення, що виконують МЗЗ було встановлено, що переважна

більшість МЗЗ (75%) має суттєвий потенціал у зниженні рівнів шуму (від 0,7 до 0,8). Результати моделювання показали високу ефективність зелених зон м. Києва у виконанні даної функції, адже у 90% МЗЗ створюються безпечні умови перебування. За нинішніх параметрів МЗЗ шумове навантаження зменшується, зокрема частка зелених зон, де спостерігаються «залишкові» рівні шуму $Noise = 60,7-73$ дБ, становить 23%, в той час як початкові рівні шуму такої сили $Cont_noise$ – спостерігались у 55% випадків. Також у абсолютній більшості зелених зон (73%) спостерігаються рівні шуму $< 60,7$ дБ. Переведення значень ефективності у обсяги ЕП на основі функції бажаності Харрінгтона показало, що за нинішніх рівнів автотранспортного навантаження а також параметрів МЗЗ, вони у своїй переважній більшості (2982 об'єкти) надають ЕП зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у максимальних обсягах.

Зважаючи на те, що саме дорожній рух відіграє домінуючу роль у створенні міського шуму, а з усіх видів транспорту автомобільний є тим, що створює найбільші ризики, можна стверджувати, що МЗЗ м. Києва є загалом ефективними у зниженні шумового навантаження в місті. Така оцінка дозволить ефективніше використовувати МЗЗ у рекреаційних цілях.

Подяки. Дане дослідження проводилось в рамках проєкту «Технологія геоінформаційного оцінювання надання екосистемних послуг міськими зеленими зонами», що фінансується за рахунок зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов'язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій «Горизонт 2020».

Список використаних джерел

- Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., De Roo, B., Lesiv, M., Tsendbazar, N-E., Herold, M., & Fritz, S., 2020. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
- Cohen, P., Potchter, O., Schnell I., 2014. The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel. *Environmental Pollution*, 195, 73-83 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.08.015>.
- DBN V.1.1-31:2013., 2014. Zakhyst terytorii, budynkiv i sporud vid shumu. Kyiv. [Protection of territories, buildings and structures from noise], 54 p. (in Ukrainian).
- Gratani, L., Varone, L., 2013. Carbon sequestration and noise attenuation provided by hedges in Rome: the contribution of hedge traits in decreasing pollution levels. *Atmospheric Pollution Research*, 4 (3), 315-322. <https://doi.org/10.5094/APR.2013.035>.
- Harrington, E.C., 1965. The desirable function. *Industrial Quality Control*, 21 (10), 124–131.
- Korohoda, N., Halahan, O., Kovtoniuk O., 2022. The use of GIS and remote sensing data in determining the condition of green areas in Kyiv. XVI International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”. Kyiv, 15–18 November 2022, 1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580056>
- Korohoda, N.P., Halahan, O.O., 2023. Otsinka znyzhennya shumu vid dorozhn'oho rukhu mis'ky my zelenymy zonamy [Assessment of traffic noise reduction by urban green spaces] // *Innovatsiyni doslidzhennya ta perspektyvy rozvytku nauky i tekhniki u KHKHI stolitti*. Rivne, 2023. CH II, 159-161 [Innovative research and prospects for the development of science and technology in the 21st century. Rivne, 2023. P. II, 159-161.] (in Ukrainian).
- Korohoda, N.P., 2023. Otsinka ekosystemnykh posluh zi znyzhennya rivnya shumu vid dorozhn'oho rukhu u mis'kykh landshaftakh [Assessment of ecosystem traffic noise reduction service in the urban landscapes] *Landshaftoznavstvo*, 3 (1), 56-67. doi:10.31652/2786-5665-2023-3-56-67. (in Ukrainian).
- [OpenStreetMap contributors, 2023 / Available from: www.openstreetmap.org](https://www.openstreetmap.org).
- Ow, L. F., Ghosh, S., 2017. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. *Applied Acoustics*, 120, 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.007>.
- Reshetchenko, A., 2020. Pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky urbosystem pry tekhnohennomu navantazhenni vid shumovoho zabrudnennia. *Dys. ... k. t. n. Sumskyi derzhavnyi universytet, Sumy*

[Improvement of the environmental safety of urban systems under man-caused impact from noise pollution. Thesis for the degree of candidate of Engineering Sciences. Sumy State University] (in Ukrainian).

- Shevchenko, Yu., 2016. Rozrobka modelei otsinky ta pidvyshchennia efektyvnosti znyzhennia shumu transportnykh potokiv. Dys. ... k. t. n. Natsionalnyi aviatsiinyi universytet, Kyiv [Development of evaluation models and improvement of the efficiency of traffic flow noise reduction. Thesis for a candidate of technical sciences. National Aviation University] (in Ukrainian).
- Stansfeld, A., Matheson, P., Stansfeld M., 2003. Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, 68, 243—257.
- Van Renterghem, T., Forssén, J., Attenborough K. et al., 2015. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Applied Acoustics*, 92, 86-101. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.01.004>.
- Welch, D., Shepherd, D., Dirks K.N. et al., 2013. Road traffic noise and health-related quality of life: A cross-sectional study. *Noise & Health*, 15, 224–230.
- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., De Keersmaecker, W., Souverijns, N., Brockmann, C., Quast, R., Wevers, J., Grosu, A., Paccini, A., Vergnaud, S., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Georgieva, I., Lesiv, M., Carter, S., Herold, M., Li, Linlin, Tsendbazar, N.E., Ramoino, F., Arino, O., 2021. ESA WorldCover 10 m 2020 v100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>