

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БУРЧЕНКО СВІТЛАНА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 911.5:502.15:338.49(477.54-25)(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

**КОНСТРУКТИВНО-ГЕОГРАФІЧНІ ОСНОВИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗЕЛЕНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ХАРКІВ**

Спеціальність 103 Науки про Землю
(Галузь знань 10 Природничі науки)

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ С. В. Бурченко

Науковий керівник: Максименко Надія Василівна, доктор географічних наук, професор, завідувачка кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Харків – 2023

АНОТАЦІЯ

Бурченко С. В. Конструктивно-географічні основи оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю (Галузь знань 10 – Природничі науки). – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, 2023.

Дослідження за темою дисертації проводилось впродовж 2018-2022 рр. відповідно до планів науково-дослідницьких робіт кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, міжнародного проєкту «INTENSE – Комплексна докторська школа з екологічної політики, менеджменту та техноекології» 586471-EPP-1-2017-1-EE-EPPKA2-SVNE-JP програми Еразмус + та проєкту Міжнародного Вишеградського фонду «Зелено-голуба інфраструктура у містах країн колишнього СРСР – вивчаючи спадщину та досвід країн Вишеградської четвірки».

Матеріалами для дисертаційної роботи служили відкриті дані кадастрового поділу, генеральний план міста Харків, зібрані та опрацьовані автором під час експедиційних та камеральних етапів дані про об'єкти зеленої інфраструктури. Основу науково-методологічного блоку склав аналіз наукових закордонних та вітчизняних публікацій. Нормативно-правовий блок проаналізовано з використанням відомостей Верховної Ради України, Кабінету міністрів України, галузевих відомств. Оцінку екологічних функцій зеленої інфраструктури було проведено на основі сучасних наукових методик досліджень (оцінка забезпеченості, поглинання вуглецю), даних лабораторного аналізу (вплив на якість поверхневого стоку), натурних вимірювань (шумозахист), даних дистанційного зондування Землі та їх подальшої обробки у геоінформаційному програмному забезпеченні (визначення нормалізованого вегетаційного індексу, просторового формування ефекту теплового острова).

У роботі були поставлені та вирішені такі завдання: узагальнено міжнародний та вітчизняний досвід з реалізації концепції зеленої інфраструктури міських

територій; визначено та проаналізовано законодавчу основу для використання концепції зеленої інфраструктури; встановлено та охарактеризовано об'єкти зеленої інфраструктури; розроблено концептуальні підходи до розробки зеленої інфраструктури м. Харків, базуючись на оцінці виконання зеленою інфраструктурою екологічних функцій та сформовано комплекс методик проведення дослідження; проведено попередню оцінку наявної зеленої інфраструктури м. Харків; проведено оцінку екологічних функцій зеленої інфраструктури: оцінено рівень забезпеченості населення зеленою інфраструктурою загального користування, оцінено виконання шумозахисної функції, очистки поверхневого стоку, вуглецевої ємності (поглинання та зберігання вуглецю) на модельних ділянках та формування ефекту теплового острова об'єктів зеленої інфраструктури м. Харків в цілому; обґрунтовано стратегічні напрями та оптимізаційні заходи для забезпечення функціонування єдиної зеленої інфраструктури; розроблено локальні адресні кейси для різних районів м. Харків на основі проведеної функціональної оцінки зеленої інфраструктури.

У роботі розкрито понятійно-термінологічні основи концепції зеленої інфраструктури на основі аналізу міжнародного та вітчизняного досвіду розробки та використання концепції зеленої інфраструктури. У міжнародній практиці найбільш широко поширеним є термін, який надає Європейська комісія – стратегічно спланована мережа природних і напівприродних територій з іншими екологічними особливостями, розроблена та здатна надавати широкий спектр екосистемних послуг, таких як очищення води, підтримка якості повітря, забезпечення місць для відпочинку та пом'якшення наслідків зміни клімату і адаптації до нього. У вітчизняній літературі термін «зелена інфраструктура» знаходиться в стадії активного дослідження і використання, оскільки до розвитку концепції зеленої інфраструктури питання управління зеленими зонами міста визначалось, як «озеленення» та «благоустрій». Ці терміни і наразі використовуються у законодавстві України.

Проаналізовано нормативно-правову базу з питань реалізації концепції зеленої інфраструктури. Автором вивчені нормативні, будівельні, екологічні,

санітарно-гігієнічні та інші документи; проаналізовано сучасні вітчизняні ініціативи щодо концепції зеленої інфраструктури.

Узагальнено конструктивно-географічні підходи до можливостей оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків на основі двох головних критеріїв, які висувуються до об'єктів зеленої інфраструктури це їх багатофункціональність та зв'язність.

До екологічних функцій, що виконує зелена інфраструктура віднесено наступні:

- забезпечення міського населення зеленою інфраструктурою загального користування;
- шумозахисна функція;
- очистка поверхневого стоку;
- поглинання вуглецю;
- вплив на формування ефекту теплового острова міста.

Визначено, що забезпечення зв'язності зеленої інфраструктури, формується поступово шляхом створення неперервних смуг зеленої інфраструктури досліджуваної території.

Розроблено алгоритм розбудови зеленої інфраструктури відповідно до основних критеріїв об'єктів зеленої інфраструктури – багатофункціональності і зв'язності. Проаналізовано проблеми функціонування наявної зеленої інфраструктури.

Систематизовано об'єкти зеленої інфраструктури відповідно до українського законодавства та будівельних норм, також об'єкти розділено на три групи:

- «ядра» – міські парки, сади, сквери, об'єкти природно-заповідного фонду, санітарно-захисні зони,
- «коридори» – лінійні захисні насадження, екокоридори в межах міста,
- «малі об'єкти» – зелені дахи, зелені стіни, дощові сади, зелені парковки, озеленені острови безпеки, модульне озеленення (не вимагають відведення значних територій) відповідно до функціональних та територіальних особливостей.

Проаналізовано екологічні та соціально-економічні функції об'єктів зеленої інфраструктури, надано їх характеристику.

Визначено, що площа об'єктів зеленої інфраструктури загального користування у м. Харків складає 4512,55 га. Розподіл об'єктів зеленої інфраструктури має нерівномірний характер в адміністративних районах міста. Спостерігається використання таких об'єктів зеленої інфраструктури як зелені дахи, зелені стіни, зелені парковки тощо. Проте, частина об'єктів зеленої інфраструктури наявна у невеликих кількостях (1-3 шт.), або взагалі відсутня (дощові сади).

Оцінено вплив зеленої інфраструктури на:

- якість поверхневого стоку у місті на прикладі використання зелених дахів екстенсивного типу,
- зменшення рівня шуму,
- поглинання вуглецю,
- зниження ефекту теплового острова.

Визначено, що зелені дахи екстенсивного типу здатні очищати поверхневий стік, проте ця функція залежить від умов їх функціонування. Підтверджено здатність лінійних захисних насаджень, як об'єктів зеленої інфраструктури зменшувати рівень шуму в населеному пункті. На прикладі об'єктів природно-заповідного фонду та лісових насаджень в межах міста розраховано обсяги поглинання вуглецю з атмосферного повітря. Розроблено просторову модель розподілу ефекту теплового острова міста та розподілу зелених зон на основі нормалізованого вегетаційного індексу.

Обґрунтовано використання концепції зеленої інфраструктури міста Харків для забезпечення сталого розвитку урбосистеми, на основі виконання нею екологічних функцій.

Розроблено локальні проекти створення об'єктів зеленої інфраструктури для забезпечення нерозривності мережі зелених зон, підвищення ступеня озеленення території та виконання інших екологічних та соціально-економічних функцій. Для районів з найнижчим ступенем озеленення та забезпечення міського населення

зеленою інфраструктурою загального використання запропоновано локальні кейси з розбудови зеленої інфраструктури, таких як облаштування, створення міського саду, рекреаційної зони та відновлення заплави річки. Для забезпечення функції з очистки стоку запропоновано облаштування дощових садів в межах міста. Для зменшення ефекту теплового острова та регулювання поверхневого стоку запропоновано використання об'єктів зеленої інфраструктури у промислових зонах міста. Розроблено рекомендації з облаштування модульного озеленення для зменшення ефекту теплового острова, очистки та регулювання поверхневого стоку.

Ключові слова: зелена інфраструктура, зелена зона міста, зелені насадження, урболандшафт, урбогеосистема, просторовий аналіз, дистанційне зондування, візуалізація, векторний шар, міське середовище, оптимізація, ландшафтно-технічна система, тип місцевості, екологічний менеджмент, сталий розвиток.

ABSTRACT

Burchenko S. V. Constructive and geographical bases for optimization of the green infrastructure of Kharkiv city. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Thesis for the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 103 Earth Sciences (Degree in 10 – Natural sciences). – V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, 2023.

Research on the topic of the thesis was carried out during 2018-2022 in accordance with the plans of scientific research works of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, international project “INTENS – Integrated Doctoral Program for Environmental Policy, Management and Technology” 586471-EPP-1-2017-1 -EE-EPPKA2-CBHE-JP Erasmus+ programs and the project of International Visegrad Fund “Green & Blue Infrastructure in post-USSR Cities: Exploring Legacies and Connecting to V4 Experience”.

Materials for the thesis were open data of cadastral division, the general plan of the city of Kharkiv, data on green infrastructure objects collected and processed by the author during the expedition and chamber stages. The basis for the scientific and methodological block was the analysis of scientific foreign and domestic publications and theses of conferences. The author has analyzed a normative-legal block, using the information of the Verkhovna Rada of Ukraine, the Cabinet of Ministers of Ukraine, and branch offices. While assessing the ecological functions of green infrastructure, the author used modern scientific methods of research (assessment of green zone’s provision, carbon sequestration), laboratory analysis data (impact on the quality of surface runoff), field measurements (noise protection), data of remote sensing of the Earth and their further processing in geoinformation software (determination of the normalized vegetation index, spatial formation of the heat island effect).

The author has solved the following tasks in the thesis: summarized international and domestic experience in the implementation of the concept of green infrastructure of urban areas; defined and analyzed the legal basis for using the concept of green infrastructure; established and characterized green infrastructure facilities; developed

conceptual approaches to the development of green infrastructure of the city of Kharkiv, based on the assessment of the performance of ecological functions by green infrastructure. Moreover, forming a complex of research methods; the applicant assessed the available green infrastructure of the city of Kharkiv as well as the ecological functions of green infrastructure: the level of public provision of green infrastructure for public use, the performance of the noise protection function, surface runoff treatment, carbon capacity (absorption and storage of carbon) in model areas and the formation of the heat island effect of green infrastructure objects in the city of Kharkiv. The thesis substantiates strategic directions and optimization measures to ensure the functioning of a single green infrastructure; addressing local address cases for various districts of Kharkiv based on the functional assessment of green infrastructure.

The work reveals conceptual and terminological foundations of green infrastructure concept based on the analysis of international and domestic experience in its development and use. In international practice, the term given by the European Commission is the most widely used – a strategically planned network of natural and semi-natural areas with other ecological features, developed and capable of providing a wide range of ecosystem services, such as water purification, maintaining air quality, providing places for recreation and mitigation of the consequences of climate change and adaptation to it. In domestic literature, the term “green infrastructure” is at the stage of active research and use, since before the development of the green infrastructure concept, the issue of managing green areas of the city was defined as “greening” and “improvement”. These terms are currently used in the legislation of Ukraine.

The thesis analyzes a legal framework for the implementation of the green infrastructure concept. The author has studied regulatory, construction, environmental, sanitary and hygienic and other documents; investigating modern domestic initiatives regarding the concept of green infrastructure.

Constructive-geographical approaches to possible optimization of the green infrastructure of the city of Kharkiv have been summarized based on two main criteria for green infrastructure objects, namely their multifunctionality and connectivity.

The environmental functions performed by green infrastructure include the following:

- providing the urban population with green infrastructure for public use;
- noise protection;
- surface runoff cleaning;
- carbon absorption;
- influence on the formation of the heat island effect of the city.

Ensuring the connectivity of green infrastructure is formed gradually by creating continuous strips of green infrastructure of the studied territory.

Using the main formation criteria of green infrastructure objects - multifunctionality and connectivity, the author developed an algorithm for the green infrastructure, analyzing the problems of the existing green infrastructure.

Green infrastructure objects have been systematized in accordance with Ukrainian legislation and building regulations, dividing them into three groups:

- “cores” – city parks, gardens, public squares, objects of the nature reserve fund, sanitary protection zones,
- “corridors” – linear protective plantings, eco-corridors within the city limits,
- “small objects” – green roofs, green walls, rain gardens, green parking lots, green safety islands, modular landscaping (without allocation of significant areas) in accordance with functional and territorial features.

The thesis gives a well-grounded analysis of environmental and socio-economic functions of green infrastructure objects and their characteristics.

The area of public green infrastructure facilities in the city of Kharkiv is 4,512.55 hectares. The distribution of green infrastructure facilities is uneven in the administrative districts of the city. However, we find such green infrastructure facilities as green roofs, green walls, green parking lots, etc. Nevertheless, some of the green infrastructure facilities are available in small quantities (1-3 units) or are completely absent (rain gardens).

The thesis evaluates the impact of green infrastructure on:

- the quality of surface runoff in the city on the example of the use of green roofs of the extensive type,

- noise reduction,
- carbon absorption,
- reduction of the heat island effect.

Green roofs of the extensive type are capable of cleaning surface runoff, but this function depends on the conditions of their operation. Linear protective plantings as objects of green infrastructure can reduce the noise level in the settlement. The author has calculated volumes of carbon absorption from atmospheric air on the example of nature reserve fund and forest plantations within the city. Thus, developing a spatial model of the heat island effect of the city and the distribution of green zones based on the normalized vegetation index.

The thesis substantiated the use of green infrastructure concept of the city of Kharkiv to ensure the sustainable development of the urban system, based on its performance of ecological functions.

Local projects for the creation of green infrastructure facilities, developed to ensure the continuity of the network of green zones, increase the greening of the territory and perform other ecological and socio-economic functions. The author proposes to develop local cases of green infrastructure such as arrangement, creation of a city garden, recreation area and restoration of the river floodplain for areas with the lowest degree of greening to provide the urban population with green infrastructure of general use. Rain gardens within the city limits will ensure the sewage treatment function. Green infrastructure facilities in the city's industrial zones should reduce the heat island effect and regulate surface runoff. The thesis recommends to arrange modular landscaping to reduce the heat island effect, clean and regulate surface runoff.

Keywords: green infrastructure, green zone of the city, green plantings, urban landscape, urban geosystem, spatial analysis, remote sensing, visualization, vector layer, urban environment, optimization, landscape and technical system, landscape type, environmental management, sustainable development.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Публікації у наукових виданнях, які входять до міжнародної
наукометричної бази Web of Science*

1. Максименко Н., **Бурченко С.**, Уткіна К., Бугакова М. Вплив зеленої інфраструктури на якість поверхневого стоку (на прикладі зелених дахів у м. Харків). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. № 55. С. 274-284. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-20>

(*Особистий внесок здобувача*: проведено аналіз використання зелених дахів, як об'єктів зеленої інфраструктури у м. Харків, розроблено конструктивно-географічні рекомендації з використання зелених дахів).

*Публікації у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових
видань України*

2. Максименко Н. В., **Бурченко С. В.** Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31>

(*Особистий внесок здобувача*: проведено комплексний аналіз розробки та використання проєктів зеленої інфраструктури у країнах Європейського Союзу, США та країнах Сходу).

3. Максименко Н. В., **Бурченко С. В.**, Шпаківська І. М., Кротько А. С. Оцінка вуглецевої ємності монопородних деревостанів – елементів зеленої інфраструктури м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. № 38. С. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-07>

(*Особистий внесок здобувача*: проведено дослідження породного складу об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків; проведено оцінку поглинання вуглецю зеленою інфраструктурою Харкова; розроблено рекомендації з оптимізації зеленої інфраструктури для збільшення вуглецевої ємності території міста Харкова).

Публікації у наукових виданнях інших держав:

3. Maksymenko N., Sonko S., Skryhan H., **Burchenko S.**, Gladkiy A. Green infrastructure of post-USSR cities for prevention of noise pollution. *Society of ambient intelligence 2021: IV International Scientific Congress, Ukraine – Uzbekistan – Latvia April 12-16, 2021*. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>

(*Особистий внесок здобувача:* проведено оцінку шумозахисної функції зеленої інфраструктури міста Харкова на прикладі Салтівського (до 2022 року – Московського) району; обґрунтовано використання лінійних захисних насаджень, як об'єктів ЗІ для забезпечення шумозахисту селітебної зони).

4. Maksymenko N., Shpakivska I., **Burchenko S.**, Utkina K. Green infrastructure in Lviv – example of park zones. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. 2022. Vol. 25, issue 1. P. 37-43. DOI: <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0005>

(*Особистий внесок здобувача:* проведено польові дослідження зеленої інфраструктури міста Львів; розраховано коефіцієнт забезпечення міського населення об'єктами зеленої інфраструктури загального використання).

Наукові публікації, які додатково відображають наукові результати дисертаційного дослідження:

5. Максименко Н. В., **Бурченко С. В.**, Кочанов Е. О. *Особливості організації зеленої інфраструктури міста Харків*. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 125-154.

(*Особистий внесок здобувача:* польове дослідження зеленої інфраструктури м. Харків, проведено інвентаризацію зелених насаджень загального користування, визначено їх площу та розподіл за адміністративними районами міста; розроблено картографічні твори зеленої інфраструктури).

6. Кочанов Е. О., Коваль І. М., **Бурченко С. В.**, Уткіна К. Б., Гречко А. А. *Проблеми функціонування зеленої інфраструктури сучасних міст (на прикладі м. Харків)*. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору:

вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 30-43.

(*Особистий внесок здобувача:* визначено основні проблеми зеленої інфраструктури; проведено аналіз законодавчої бази розробки зеленої інфраструктури; розроблено алгоритм створення проекту зеленої інфраструктури).

7. Maksymenko N. V., Voronin V. O., **Burchenko S. V.** Ecosystem service of carbon sequestration in forest landscape (on example of Kharkiv region, Ukraine). *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment: XVII International Scientific Conference (7-10 November 2023, Kyiv)*. Київ, 2023. (подано до друку)

(*Особистий внесок здобувача:* проаналізовано використання методики оцінки поглинання вуглецю лісовими ландшафтами, визначено інтенсивність поглинання вуглецю за породним складом).

Наукові публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертаційного дослідження:

8. Максименко Н. В., **Бурченко С. В.** Оцінка можливості реалізації концепції зеленої інфраструктури для Харківської області. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доп. 9-ї міжнар. наук.-тех.конф.:* Баку, Харків, Жиліна: ВА ЗС АР, НТУ «ХП», ДП «ХНДІ ТМ», УмЖ, 2019. С. 82.

(*Особистий внесок здобувача:* проведено попередню оцінку можливості реалізації зеленої інфраструктури).

9. **Бурченко С. В.** Аналіз існуючої законодавчої бази для реалізації концепції зеленої інфраструктури для Харківської області. *V-й всеукраїнський студентський форум студентів, аспірантів і молодих учених:* тези доп.: Дніпро: ДНУ, 2019. С. 63-64.

10. **Бурченко С. В.** Порівняння критеріїв вибору об'єктів зеленої інфраструктури на регіональному та на міському рівнях. *Охорона довкілля:* зб.

наук. статей XV Всеукраїнських наукових Таліївських читань: Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. С. 12-13.

11. **Burchenko S.** Green infrastructure strategy for water management in Kharkiv. *Smart green&smart blue: open science conf.:* Lviv, 2019. P. 37.

12. **Burchenko S.** The role of language training internships Erasmus +program for postgraduate students. *Academic and scientific challenges of diverse fields of knowledge in the 21st century:* матеріали 9-ї Всеукраїнської наукової конференції. Харків. С. 48-54.

13. **Burchenko S.** Intercultural experience exchange of green and blue infrastructure development. *Сучасне суспільство і наука: актуальні дослідження молодих науковців:* Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція, НЮУ імені Ярослава Мудрого, 29 травня 2020 р. С. 12-13.

14. **Бурченко С. В.** Можливості розширення зеленої зони міста Харків з використанням об'єктів зеленої інфраструктури та природо-орієнтовних рішень. *Охорона довкілля:* зб. наук. статей XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань: Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. С. 21-22.

15. **Бурченко С. В.** Теоретичні аспекти озеленення міст в Україні (на прикладі м. Харків). *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування :* збірник матеріалів 6-го міжнародного молодіжного конгресу, 09 – 10 лютого 2021 року. Львів: Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2021. С. 276.

16. Maksymenko N., **Burchenko S.**, Miller K., Cohen L., Krivtsov V. Inventory of green roofs in Kharkiv (Ukraine) and Edinburgh (Scotland): current occurrence, future potential and implications for biodiversity and ecosystem services. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи:* зб. тез доповідей I Міжнародної Інтернет-конференції (м. Харків, 26 лютого 2021 року). – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. С. 127-128.

(*Особистий внесок здобувача:* проведено порівняння підходів до використання зелених дахів в Україні)

17. **Burchenko S.** Green roofs for cities surface runoff regulation. *25th international scientific conference ENVIRO 2021: book of abstracts*. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra. 2021. P. 44 DOI: <https://doi.org/10.15414/2021.9788055224084>

(*Особистий внесок здобувача: проаналізовано конструктивні особливості створення зелених дахів*).

18. **Бурченко С. В.** Міські сади у контексті зеленої інфраструктури міст України. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XVII Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. С. 99-100.

19. **Burchenko S. V.**, Voronin V. O., Maksymenko N. V., Shpakivska I. M. Internship of Erasmus+ “Intense” for Evaluation of Green Infrastructure and Ecosystem Services of Foresty Landscapes in Lviv. *International research-to-practice conference on «Climate services: science and education» Conference Proceedings (22-24 September 2021)*. Odesa, 2021. P. 69-70.

(*Особистий внесок здобувача: проаналізовано використання концепції екосистемних послуг для оцінки зеленої інфраструктури*).

20. **Burchenko S.** Urban gardens in Ukrainian cities (Lviv, Kharkiv). *Scientific Conference of PhD. Students of FAFR, FBFS and FHLE SUA in Nitra with international participation - Proceedings of abstracts*. Slovak University of Agriculture in Nitra, 2021. P. 51.

21. Maksymenko N., **Burchenko S.** Research of the green-blue infrastructure of Kharkiv. *Socio-ecological resilience across Eurasia innovation for sustainability transition INTENSE Open Science Conference (Online/Tartu, Estonia, 5-7 October 2021)*. Tartu, 2021. P. 8.

(*Особистий внесок здобувача: визначено проблеми функціонування зелено-блакитної інфраструктури міста Харкова*).

22. **Бурченко С. В.** Використання об'єктів зеленої інфраструктури для підтримки біорізноманіття у містах. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності: матеріали IV (XV) Міжнародної наукової конференції молодих учених (Львів, 28 жовтня 2021 року)*. Львів, 2021. С. 45-47.

23. **Бурченко С. В.** Оцінка забезпеченості населення зеленими насадженнями загального користування (на прикладі індустріального району міста Харкова). *Охорона довкілля: зб. наук. статей XVIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 78-81.

24. Buhakova M., **Burchenko S.** Perspectives of using green roofs in conditions climate changes for sustainable development of cities. *Congress Proceedings-V international Scientific congress Society of Ambient Intelligence 2022 (Student Sections)*. Praha, Oktan Print, 2022, – P. 10-12.

(*Особистий внесок здобувача: розроблено основи використання зелених дахів для забезпечення сталого розвитку міських територій*).

25. **Бурченко С. В.** Оцінка нормалізованого вегетаційного індексу м. Харків як підґрунтя для оцінки біорізноманіття. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності: матеріали V (XVI) міжнар. конф. молодих учених (Львів, 18-19 жовтня 2023 р.)*. Львів, 2023. С. 17-18.

(*Особистий внесок здобувача: розроблено рекомендації для використання нормалізованого вегетаційного індексу для оцінки стану біорізноманіття урболандшафтів, визначено значення нормалізованого вегетаційного індексу для м. Харків*).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОНЦЕПЦІЇ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	29
1.1 Понятійно-термінологічні основи концепції зеленої інфраструктури....	29
1.2 Досвід використання концепції зеленої інфраструктури у різних країнах світу та в Україні.....	35
1.3 Нормативно-правова база розробки зеленої інфраструктури	42
Висновки до розділу 1.....	50
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ХАРКІВ.....	52
2.1 Типологія об'єктів зеленої інфраструктури міста.....	52
2.2 Методи оцінки екологічних функцій зеленої інфраструктури.....	64
Висновки до розділу 2.....	72
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНО-ГЕОГРАФІЧНА ОЦІНКА ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ХАРКІВ.....	73
3.1. Інвентаризація об'єктів зеленої інфраструктури.....	73
3.2. Оцінка реалізації екологічних функцій зеленої інфраструктури.....	100
3.2.1 Оцінка рівня забезпеченості населення зеленою інфраструктурою, ступеня озеленення.	100
3.2.2 Оцінка реалізації шумозахисної функції зеленої інфраструктури..	102
3.2.3 Оцінка виконання зеленою інфраструктурою функції з очистки поверхневого стоку (на прикладі зелених дахів м. Харків).....	112
3.2.4 Оцінка вуглецевої ємності зеленої інфраструктури м. Харків.....	127
3.2.5 Оцінка впливу зеленої інфраструктури на міський тепловий острів.....	132
Висновки до розділу 3.....	143

РОЗДІЛ 4. НАПРЯМКИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	145
М.ХАРКІВ.....	
Висновки до розділу 4.....	161
ВИСНОВКИ.....	162
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	167
ДОДАТКИ.....	187

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГБН	– Галузеві будівельні норми;
ГО	– Громадська організація;
ГП	– Генеральний план;
дБ	– Децибел;
ДБН	– Державні будівельні норми;
ДСП	– Державні санітарні правила;
ЕП	– Екосистемні послуги;
ЗІ	– Зелена інфраструктура;
ЗУ	– Закон України;
КМУ	– Кабінет Міністрів України;
ПЗФ	– Природно-заповідний фонд;
РЛП	– Регіональний ландшафтний парк;
ЄБРР	– Європейський банк реконструкції і розвитку;
NbS	– (Nature based Solutions) Природоорієнтовані рішення.

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження. Питання сталого розвитку урбанізованих територій стають все більш гострою проблемою, внаслідок якої виникає потреба у збалансованому розподілі об'єктів зеленої інфраструктури. В Україні проекти ЗІ носять локальний характер, розробляються науковцями та громадськими організаціями і не затверджені як обов'язкові на законодавчому рівні. Проте, відповідно до Угоди про асоціацію з ЄС, підходи щодо управління та раціонального використання природних ресурсів потребують перегляду, з огляду перебудови моноцентричної моделі управління у поліцентричну модель, яка враховує місцеві особливості окремої територіальної одиниці.

Об'єкти зеленої інфраструктури забезпечують виконання ряду екологічних, соціальних та економічних функцій в урбосистемах. Серед екологічних функцій зеленої інфраструктури слід виділити:

- адаптація до змін клімату, встановлення оптимального мікроклімату, зменшення теплового острова міста;
- регулювання та очищення поверхневого стоку;
- зменшення забруднення атмосфери;
- зменшення вилучення земель, збереження зелених зон, підтримання біорізноманіття у містах;
- відновлення занедбаних територій, ревіталізація ландшафтів;
- захист від шумового забруднення тощо.

Оптимізація зеленої інфраструктури дасть можливість коригувати прийняття управлінських рішень щодо зменшення антропогенного навантаження на урбоекосистеми за рахунок збалансованого та більш обґрунтованого розподілу ЗІ по території міста.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційне дослідження виконувалось в рамках реалізації проєкту Еразмус + «Комплексна докторська школа з екологічної політики, менеджменту та техноекології – INTENSE» 586471-EPP-1-2017-1-EE-EPPKA2-SBHE-JP, а саме:

- участь у літній школі: «Водні інновації: політика, управління та дослідження» на базі Естонського університету наук про життя, м. Тарту, Естонія, 2019 року.

- індивідуальне стажування на базі Інституту екології Карпат Національної академії наук України у 2021 році, м. Львів, Україна.

Дисертаційне дослідження також виконувалось в рамках реалізації проєкту Міжнародного Вишеградського фонду «Зелено-голуба інфраструктура у містах країн колишнього СРСР – вивчаючи спадщину та досвід країн Вишеградської четвірки» (участь у літній школі «Зелено-голуба інфраструктура у містах країн колишнього СРСР – вивчаючи спадщину та досвід країн Вишеградської четвірки» на базі Карпатського національного природного парку, м. Яремче, Україна).

Дисертаційне дослідження пов'язане із науково дослідними роботами, що реалізовані спільно з ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського за ПНД НААН 1 «Ґрунтові ресурси України: інформаційне забезпечення, раціональне використання, менеджмент, технології» Завдання 2 рівня: 01.01.03.02.Ф «розробити наукові основи управління родючістю гідродefіцитних ґрунтів в умовах змін клімату та земельних відносин» за темою: Діагностичні показники родючості зрошуваних ґрунтів зеленої інфраструктури сельбищних ландшафтів для сталого управління в умовах змін клімату.

- Назва етапу 2021 р. «Наукові засади вибору діагностичних показників зрошувальних ґрунтів приватних садіб для управління їх родючістю»

- Назва етапу на 2022 рік: «Управління родючістю гідродefіцитних ґрунтів зеленої інфраструктури сельбищних ландшафтів: світовий досвід та перспективи його втілення в Україні»

Дослідження є складовою науково-дослідної тематики кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи ННІ екології за темою:

- «Ландшафтно-екологічне моделювання лісових насаджень зеленої зони м. Харків для оцінки екологічних ризиків» (номер державної реєстрації 0118U002171).

- «Ревіталізація регулярних ландшафтних композицій об'єктів зеленої інфраструктури» (номер державної реєстрації 0122U000878).

Мета роботи полягає в структурно-функціональній оцінці сучасного стану озеленення м. Харків, визначенні проблем та розробці науково-обґрунтованих заходів з оптимізації зеленої інфраструктури міста.

Об'єкт: зелена інфраструктура міста Харків.

Предмет: структурно-функціональні особливості функціонування зеленої інфраструктури міста.

Завдання:

1. узагальнити міжнародний та вітчизняний досвід з реалізації концепції зеленої інфраструктури міст;

2. визначити та проаналізувати нормативно-правову базу для використання концепції зеленої інфраструктури в містах України;

3. на основі аналізу екологічних функцій ЗІ сформувавши комплекс методик проведення дослідження;

4. ідентифікувати існуючі об'єкти зеленої інфраструктури м. Харків;

5. провести оцінку виконання екологічних функцій ЗІ: шумозахисної функції, очистки поверхневого стоку, зменшення ефекту теплового острова, а також оцінити рівень забезпеченості населення зеленою інфраструктурою та вуглецеву ємність рослинного покриву на модельних ділянках об'єктів зеленої інфраструктури м. Харків;

6. обґрунтувати стратегічні напрями та оптимізаційні заходи для забезпечення функціонування єдиної зеленої інфраструктури; розробити концептуальні підходи до формування зеленої інфраструктури м. Харків,

7. розробити локальні адресні кейси для різних районів м. Харків на основі проведеної функціональної оцінки зеленої інфраструктури.

Методи дослідження: теоретико-методологічною базою дослідження є фундаментальні положення та практичні напрацювання, розроблені вітчизняними та іноземними вченими: Гродзинським М. Д., Денисиком Г. І., Кузиком І. Р., Кучерявим В. П., Максименко Н. В., Маруняк Є. О., Назаруком М. М.,

Руденком Л. Г., Стольбергом Ф. В., Цариком Л. П., Яцентюком Ю. В., Biňušová M., Jona L., Semančíková E., Sepp K., Shkaruba A., Skryhan H., Rubaszek Ju., Pasečný P., Wernerová E. та іншими.

Для вирішення поставлених завдань з дослідження зеленої інфраструктури використано наступні методи:

- філософські та загальнонаукові методи: опису (для опису загальної практики використання концепції зеленої інфраструктури, понятійно-термінологічної основи та об'єктів зеленої інфраструктури), узагальнення (для узагальнення отриманих результатів дослідження), системного аналізу (для виявлення закономірностей екологічних функцій зеленої інфраструктури), синтезу (для виявлення особливостей екологічних функцій зеленої інфраструктури), абстрагування (для дослідження локальних рекомендацій з оптимізації зеленої інфраструктури), індукції та дедукції (для формування закономірностей в управлінні зеленою інфраструктурою міста), ранжування (для категоризації об'єктів зеленої інфраструктури), математико-статистичні (для збору, аналізу та обробки отриманих даних про екологічні функції зеленої інфраструктури, графічні методи (для візуалізації отриманих даних);

- конструктивно-географічні: формалізації та інтерпретації (для розроблення рекомендацій з оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків), історико-географічні (для аналізу вітчизняного та міжнародного досвіду використання концепції зеленої інфраструктури), картографування (для створення векторного шару об'єктів зеленої інфраструктури, аналізу екологічних функцій зеленої інфраструктури на основі даних дистанційного зондування Землі з використання геоінформаційних програмних забезпечень);

- спеціальні: метод спостереження (для виявлення проблем і закономірностей функціонування зеленої інфраструктури міста Харків), лабораторного аналізу (для аналізу екологічних функцій зеленої інфраструктури).

Наукова новизна отриманих результатів. До основних результатів дисертаційного дослідження, які визначають ступінь і характер наукової новизни, належать:

вперше:

- визначено, обґрунтовано та систематизовано екологічні функції зеленої інфраструктури м. Харків;

- визначено загальну площу зеленої інфраструктури м. Харкова, площу в розрізі адміністративних районів та окремих елементів ЗІ;

- проведено просторово-статистичний аналіз забезпеченості міського населення зеленою інфраструктурою загального користування та визначено дефіцит зелених насаджень в межах структурних елементів ЗІ;

- виконано розрахунок вуглецевої ємності ЗІ модельних урболандшафтів у м. Харків;

удосконалено:

- понятійно-термінологічний апарат щодо категоризації об'єктів зеленої інфраструктури відповідно до нормативів українського законодавства;

- конструктивно-географічні підходи до територіальної організації зеленої інфраструктури міста Харків,

- методичні підходи з розробки проєктів зеленої інфраструктури;

отримало подальший розвиток:

- розробка теоретичних основ досліджень зеленої інфраструктури у різних масштабах;

- склад методичних підходів щодо оцінки екологічних функцій зеленої інфраструктури як єдиної природно-антропогенної системи;

- практичні рекомендації щодо напрямів оптимізації зеленої інфраструктури міста Харкова;

- аналіз використання об'єктів зеленої інфраструктури для забезпечення сталого функціонування урбоекосистеми в цілому .

Практичне значення отриманих результатів: обґрунтовані у дисертаційному дослідженні теоретико-методологічні положення та практичні рекомендації можуть бути використані при розробці та реалізації екологічної політики м. Харків, внесенні змін до Генерального плану у зв'язку з ліквідацією наслідків обстрілів і руйнувань території міста, удосконаленні планів зонування територій та доведення забезпеченості населення зеленою інфраструктурою до європейських норм.

Розроблені рекомендації щодо створення об'єктів зеленої інфраструктури та запропоновані кейси з оптимізації об'єктів зеленої інфраструктури для міста Харкова можуть бути використані компаніями: Харківблагоустрій, Харківзеленбуд та районними структурами, що опікуються облаштуванням територій відповідно до вимог екологічно збалансованого природокористування.

Результати роботи використано у звітах з НДР спільно з ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського» та у звіті з НДР кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи.

Теоретичні і методичні положення, а також практичні результати роботи використовуються автором у навчальному процесі Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна при розробці навчальних програм, навчально-методичних комплексів та викладанні дисциплін обов'язкового компоненту професійної підготовки за спеціальністю 101 Екологія: «Організація управління в екологічній діяльності», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» та вибіркової освітньої компоненти «Зелено-блакитна інфраструктура», а також при керівництві міждисциплінарною курсовою роботою бакалаврів «Екологічні проблеми і шляхи їх вирішення».

В рамках проєкту «Комплексна докторська програма з екологічної політики, менеджменту природокористування та техноекології – INTENSE» результати дослідження використані у MOOCs (з англ. Massive Open Online Courses – масив відкритих онлайн курсів) «Nature-based solutions and green-blue urban infrastructure» на базі Moodle за темою «Green infrastructure for water management in post-Soviet Union countries, case study in Kharkiv».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційне дослідження є самостійно виконаною науковою працею, в якій викладено результати власних досліджень, що стосуються оцінки екологічних функцій зеленої інфраструктури, оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків та конкретних кейсів. Сутність викладених у роботі висновків, положень, наукових результатів та практичних рекомендацій належать автору. Основні ідеї, результати розрахунків та відповідні висновки відображені в опублікованих наукових працях та апробовані на наукових конференціях. Використані у дослідженні наукові положення, запозичені в інших авторів, мають відповідні посилання у тексті із дотриманням принципів академічної доброчесності. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертації використано лише ті ідеї та положення, які є результатом особистої роботи здобувача.

Апробація матеріалів дисертації. Основні наукові положення та практичні рекомендації, розроблені у дисертаційному дослідженні, були представлені на міжнародних (13) та всеукраїнських (6) конференціях:

- 9-й міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (Баку, Харків, Жиліна, 2019);
- V Всеукраїнському студентському форумі студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпро, 2019);
- XV-XVIII Всеукраїнських наукових Таліївських читаннях (Харків, 2019-2022);
- Open science conference (Львів, 2019);
- 9-й Всеукраїнській науковій конференції «Academic and scientific challenges of diverse fields of knowledge in the 21st century» (Харків, 2020);
- Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції «Сучасне суспільство і наука: актуальні дослідження молодих науковців» (Харків, 2020);
- 6-му міжнародному молодіжному конгресі «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування (Львів, 2021);

- I Міжнародній Інтернет-конференції «Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи» (Харків, 2021);
- 25th international scientific conference ENVIRO 2021 (Нітра, Словаччина, 2021);
- International research-to-practice conference on «Climate services: science and education» (Одеса, 2021);
- Scientific Conference of PhD Students of FAFR, FBFS and FHLE SUA in Nitra with international participation (Нітра, Словаччина, 2021);
- Socio-ecological resilience across Eurasia innovation for sustainability transition INTENSE Open Science Conference (Тарту, Естонія, 2021);
- IV (XV) та V (XVI) Міжнародній науковій конференції молодих учених «Наукові основи збереження біотичної різноманітності» (Львів, 2021, 2023);
- V international Scientific congress Society of Ambient Intelligence 2022 (Student Sections) (Прага, Чехія, 2022);
- XVII International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment» (Київ, 2023).

Результати дослідження також обговорювались на семінарах наукової школи «Зелено-блакитна інфраструктура» та засіданнях кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 26 наукових праць, з яких 9 у співавторстві, 2 статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України (категорія Б); одна стаття опублікована у науковому фаховому виданні категорії А, що індексується у міжнародній наукометричній базі Web of Science, одна стаття у виданні що індексується у міжнародній наукометричній базі Web of Conference; два розділи у монографії у співавторстві; подано до друку 1 статтю до видання, що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus, опубліковано тези у 18 матеріалах міжнародних і всеукраїнських конференцій, що підтверджують апробацію матеріалів дисертації.

Структура та обсяг дисертації

Дисертаційна робота складається зі списку опублікованих праць, анотацій, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів і висновків до них, списку використаних джерел (160 найменувань, з яких 63 – іноземних), загальних висновків та дев'яти додатків. Загальний обсяг дисертації складає 207 сторінок друкованого тексту, у тому числі основна частина (вступ, чотири розділи і висновки) – 146 сторінок. Робота містить 59 рисунків і 14 таблиць.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОНЦЕПЦІЇ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

1.1 Понятійно-термінологічні основи концепції зеленої інфраструктури

Управлінські підходи до використання природних ресурсів, розподілення екологічних та соціально-економічних інтересів зацікавлених сторін пройшли довгий час формування та змін у пошуку ідеальних моделей управління урбосистемою.

Існує багато теорій, концепцій, методів, інструментів, підходів та проектів для обґрунтування організації та розподілу в межах населених пунктів зелених зон. Узагальнюючи їх можна поділити на два основних підходи: зонально-орієнтований і процесно-орієнтований. Це розділення є умовним, оскільки не означає виключення та відокремлення один від одного, а навпаки робить їх взаємопов'язаними. Як територіально-орієнтовані, так і процесно-орієнтовані підходи продовжують розвиватися власними шляхами, постійно вдосконалюються у все більш новітні моделі управління [1, 2].

Одним з прикладів таких підходів є концепція зеленої інфраструктури. Безпосереднє використання поняття «зелена інфраструктура» має досить коротку історію. Перші концепції зеленої інфраструктури пов'язують з появою в середині 1980-х років новітніх методів управління обсягами зливових стоків, спрямованих на їх скорочення та попередження ерозії. Це були фрагментарні рішення, але надалі вони спонукали суспільство до більш масштабного використання ЗІ [2].

Перші визначення зеленої інфраструктури надаються в процесі розвитку природоохоронного руху США, який визначив необхідність нового підходу до управління життєвим простором. Одним з перших визначень, які надають автори є визначення зеленої інфраструктури як стратегії управління зливовими водами, яка відновлює та імітує природні водні системи. Зелена інфраструктура управляє зливовими водами за допомогою спроектованих зелених насаджень [3]. Протягом часу автори вивчають цю концепцію вже у поєднанні з управлінням ландшафтом та землекористуванням. Найбільш поширене та комплексне визначення поняттю

«зелена інфраструктура» Марк Бенедикт та Едвард МакМахон надають у роботах щодо ландшафтного планування, збереження природних екосистем на початку 2000-х років. Визначаючи зелену інфраструктуру як «взаємопов'язану мережу зелених насаджень, яка зберігає цінності та функції природних екосистем і забезпечує пов'язані з ними вигоди для населення» [4].

Сучасне та найбільш розповсюджене поняття «зеленої інфраструктури» надається Європейською Комісією – це стратегічно спланована мережа природних і напівприродних територій з іншими екологічними особливостями, розроблена та здатна надавати широкий спектр екосистемних послуг, таких як очищення води, підтримка якості повітря, забезпечення місць для відпочинку та пом'якшення наслідків зміни клімату і адаптації до нього [2, 5].

Через те, що створення зеленої інфраструктури несе суто практичний характер, визначення ЗІ, як поняття, може змінюватись відповідно до цілей, які переслідують планувальники. Різниця у формулюванні визначення «зелена інфраструктура» протягом років свого розвитку й наразі може відрізнятись у кожному конкретному місті. Затвердження Європейською комісією уніфікованого визначення значно спростило розуміння концепції ЗІ для країн Європейського Союзу, а також чітко окреслило вимоги і напрямки роботи всіх зацікавлених осіб. Перелік підходів до визначення поняття «зелена інфраструктура» [6-9] наведено у додатку Б.

У широкому розумінні зелена інфраструктура також включає і водні простори, які впливають на умови та якісний стан навколишнього середовища. Зараз ЗІ стає все більш визнаним шляхом в управлінні водними ресурсами, тому можна стверджувати про зелено-блакитну інфраструктуру як міських, так і сільських місцевостей. Ця концепція має на меті отримання екологічних, економічних та соціальних вигод від природоорієнтованих рішень в процесі управління [2].

На відміну від поширеного підходу «сірих» (техногенних, забудованих) інфраструктурних об'єктів, які переслідують переважно цілі економічної вигоди, зелена інфраструктура сприяє розвитку багатофункціональності, тобто одна і та ж

територія може виконувати кілька функцій, без утворення конфліктів природокористування, при умові, що якість екосистем на високому рівні. Більш того ЗІ має на меті ведення сталого та ресурсозберігаючого використання життєвого простору, його розвитку в обмеженому географічному просторі у послідовному, розумному та інтегрованому вигляді. Головна ідея полягає у підтримці та збільшенні надання для суспільства різних вигод, у вигляді харчової продукції, виробничих матеріалів, очищення води та повітря, регулювання клімату, запобігання негативним природним явищам таким, як повені, та інші, доступ до територій відпочинку та зон рекреації.

В ситуації при якій ЗІ буде виконувати ряд інших функцій, відмінних від збереження біорізноманіття, це не повинно призводити до негативних наслідків. Таким чином, біорізноманіття має бути «суддею», який відіграє ключову роль у виборі між поганими, хорошими та кращими стратегіями [10].

В залежності від встановлених цілей ЗІ, розробляється алгоритм створення плану управління ЗІ. Однак тут є певні недоліки та ризики. Першочерговим питанням є проблематика вибору території та об'єктів, які доцільно відносити до ЗІ. Оскільки забезпечення певних соціальних чи економічних вигід може повністю суперечити цілям збереження біорізноманіття тому, що значення виділених для ЗІ територій та їх зв'язок має різну цінність для різних видів і може бути взагалі специфічним для окремих видів. Якість середовища існування може бути важливішою, ніж саме розташування об'єктів ЗІ. Так, наприклад, прокладання стежки для прогулянок не матиме цінності для збереження біологічного різноманіття, проте з точки зору соціальної важливості вона буде необхідна. Ще одним ризиком варто вважати, що чітке виділення територій ЗІ може призвести до «законного руйнування середовища», тобто використовувати для інших потреб всі території, крім ЗІ, яка може мати не високий відсоток. Фінансування великомасштабних проектів ЗІ може обмежуватися потребами ринку і таким чином бути економічно прибутковими для стейкхолдерів, проте зовсім не відповідати цілі збереження біорізноманіття [11, 2].

Підходи до включення територій та об'єктів ЗІ у переважній більшості літератури спирається на екосистемні послуги [12], як один з головних критеріїв віднесення до ЗІ. Тісний зв'язок ЗІ з екосистемними послугами простежується у контексті економічних вигод, які можна отримати від ЗІ та шляхів їх економічної оцінки. Оцінка екосистемних послуг та їх вартості у більшості літератури є одним з ключових етапів створення ЗІ. У більшості європейських країн концепція екосистемних послуг використовується ще з початку 2000 р.р. [2].

Концепція зеленої інфраструктури тісно пов'язується також із напрямом циркулярної економіки, оскільки результати проектів ЗІ сприяють сталому розвитку територій. З концепцією зеленої інфраструктури також можна пов'язати підходи концепції природоорієнтованих рішень (англ. – Nature based solutions). Природоорієнтовані рішення мають наступні особливості:

1. прийняття природоохоронних норм (та принципів);
2. можуть реалізовуватися окремо або інтегровано з іншими рішеннями суспільних проблем (наприклад, технологічними та інженерними рішеннями);
3. визначаються місцевими природними та культурними контекстами, що включають традиційні, місцеві та наукові знання;
4. дозволяють виробляти суспільні блага справедливим та рівноправним способом, що сприяє прозорості та широкій участі населення;
5. дозволяють зберігати біологічне та ландшафтне різноманіття та здатність екосистем інтенсивно еволюціонувати;
6. застосовуються в пейзажному масштабі;
7. дозволяють визнати та вирішити компроміси між отриманням декількох негайних економічних вигод для розвитку та майбутніми можливостями для отримання повного спектру екосистемних послуг;
8. є невід'ємною частиною загального плану політики та заходів чи дій для вирішення конкретного виклику.

Вищеназвані підходи виникли з різних сфер (деякі з наукових досліджень, інші з практичних чи політичних контекстів), але всі вони акцентують спільну увагу на

екосистемних послуг і мають на меті вирішення екологічних та суспільних проблем (рис. 1.1).

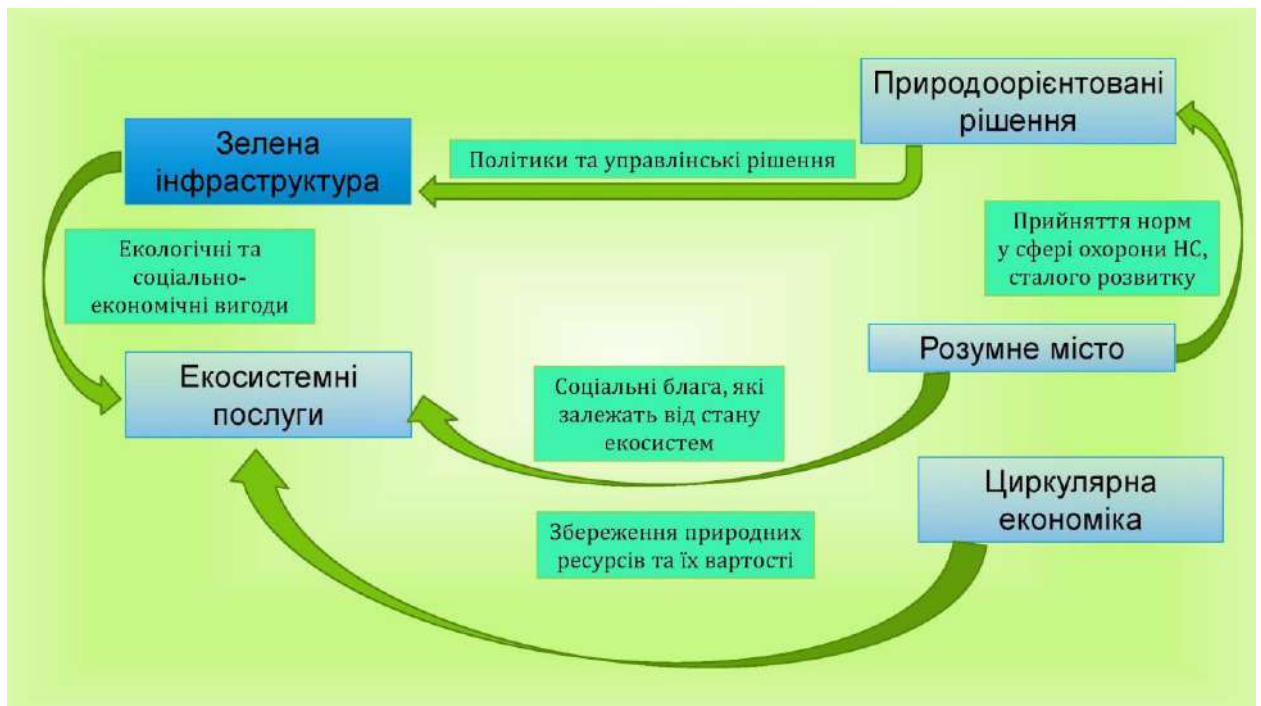


Рис. 1.1 Зв'язок концепції зеленої інфраструктури з іншими підходами до забезпечення сталого розвитку

Джерело: розроблено автором

У містах успішність використання природоорієнтованих рішень, використання організації циркулярної економіки, реалізація проектів ЗІ виражається у наступних показниках:

1. екологічного блоку:

- зменшення викидів парникових газів;
- зменшення забруднення атмосфери;
- очищення та утримання масиву поверхневого стоку;
- зниження ризику повеней;
- встановлення оптимального мікроклімату, зменшення теплового острова міста;
- зменшення вилучення земель, збереження зелених зон;
- відновлення занедбаних територій;

- збільшення біорізноманіття у містах;
- зростання ресурсоефективності;

2. соціального блоку:

- збільшення частки людей, які надають перевагу пішим прогулянкам та/або використання велосипеду;
- покращення психоемоційного стану населення, естетичної та соціальної якості навколишнього середовища;
- зменшення респіраторних захворювань серед населення;
- зменшення смертності серед населення похилого віку у літній (спекотний) період;

3. економічного блоку:

- перенесення успішних результатів у процесі управління та політику;
- встановлення системи довгострокового моніторингу;
- збільшення відсотку у бюджетах, виділених на озеленення;
- довгостроково інтегровані процеси управління;
- підтримка та робота природоорієнтованих рішень;
- активна участь громадськості та інших зацікавлених сторін у процесах прийняття рішень.

Практична розробка комплексного проекту зеленої інфраструктури також може спиратися на модель ландшафтно-екологічного планування [13], оскільки методика ЛЕП включає етапи від інвентаризації та оцінки до управлінського рішення.

Покрокова модель розробки управлінського рішення про надання екосистемних послуг, що запропонована і детально проаналізована у роботі [14], в якості центрального елемента використовує ландшафт, як уособлення природного комплексу, що характеризується певною структурою, процесами та притаманними йому функціями. Саме на його основі розробляється комплекс процедур ландшафтно-екологічного планування, шляхом оцінки екологічного стану природної системи, чутливості її компонентів та визначення можливостей ландшафту з точки зору надання екосистемних послуг. Оскільки саме ландшафтно-

екологічне планування передбачає «роботу» з невеликими за площею територіями локального рівня організації довкілля, одним з видів екосистемних послуг можна вважати використання зеленої інфраструктури [2].

Крім того, відповідно до вимог про Асоціацію з Європейським Союзом Україна зобов'язана виконати низку обов'язкових вимог щодо управління, як природними територіями так і міською зеленою інфраструктурою. Європейська комісія визначає, що для того щоб допомогти зупинити втрату біорізноманіття доцільно використовувати стратегію ЗІ для збереження і підтримки екосистем.

Стратегія збереження біорізноманіття до 2020 року, прийнята у 2011 році, розглядала основні причини втрати біорізноманіття. Зокрема, вона зосереджується на підтримці та покращенні екосистемних послуг та відновленні деградованих екосистем за рахунок включення зеленої інфраструктури в територіальне планування: завдання 2 стратегії – «до 2020 року екосистеми та їхні послуги будуть підтримуватися та розвиватися за рахунок створення зеленої інфраструктури та відновлення щонайменше 15% деградованих екосистем». Крім того, стратегія спирається на те, що держави-члени встановлюють «пріоритети для відновлення та сприяння використанню зеленої інфраструктури , щоб досягти відновлення екосистем від субнаціонального до рівня ЄС». У 2020 році було прийнято оновлену Всеєвропейську стратегію збереження біологічного та ландшафтного різноманіття до 2023 року (далі – Стратегія). У новій редакції Стратегії зелена інфраструктура може забезпечити виконання усіх поставлених цілей.

1.2 Досвід використання концепції зеленої інфраструктури у різних країнах світу та в Україні

Визначення ЗІ використовується у різних дисциплінах, які пов'язані з проектуванням, захистом та охороною навколишнього середовища. Проте, основним у всіх дисциплінах є включення зв'язності, багатофункціональності та практичності охорони. Основними ж відмінностями у використанні терміну ЗІ є

його використання у різних масштабах та умовах або зосередження на сукупності переваг, які можна отримати від ЗІ (табл. 1.1) [2].

Таблиця 1.1

Міжнародні відмінності використання концепції зеленої інфраструктури

Регіон Країна	Рекомендації	Приклади
Європа Німеччина	Є приклади створення ландшафтного парку в місцях інтенсивного промислового виробництва, який охоплює промислові структури, природні ділянки та водні об'єкти, які живляться зливостокками, що очищуються природним фільтруванням.	Природна очистка зливостоків; Створення рекреаційної зони; Створення резервного об'єму води; Зростання біорізноманіття; Виховний ефект завдяки відкритості системи водопостачання у рекреаційну зону; Відповідність рекомендаціям ландшафтного планування.
Європа Велика Британія	Планування ЗІ визнається обов'язковим підходом в ландшафтному плануванні від національного до місцевого рівня.	Створена єдина база даних для ЗІ; Зроблена система економічної оцінки заходів створення ЗІ; Розроблена інтегрована мережа ЗІ та блакитної інфраструктури для допомоги забудовникам, транспортникам, боротьбі з повеннями, тощо; ЗІ вважається ефективним засобом у протидії глобальному потеплінню.
Європа Швеція	Створення багатофункціонального міського середовища, що об'єднує технічну складову, синьо-зелену інфраструктуру і екосистемні послуги шляхом створення комплексної системи енергопостачання, водопостачання та утилізації відходів.	Очистка зливостоків з поверхні енергоефективних будівель; Створення зелено-синіх кліматичних зон навколо будівель Очистка зливостоків шляхом спрямування їх по рельєфу через природні фільтри (рослинність, струмки, ставки)
Європа Швейцарія	Діє закон згідно якого, всі рівні поверхні дахів мають бути вкриті зеленою рослинністю	Збільшення біорізноманіття у ЗІ міста; Мікрокліматичні зміни; Затримка зливостоків та їх природна фільтрація.
Європа Чехія	Проект організації газонів у містах, що формується дикими квітучими рослинами з необхідністю скошувати дернину лише 2 рази за вегетаційний період.	Зниження витрат; Збільшення біорізноманіття; Покращення мікроклімату; Покращення естетичної привабливості місцевості та добробуту людей.

Продовження таблиці 1.1

Європа Угорщина	Комплексний проєкт розвитку ЗІ в Дьйор, Угорщина, шляхом розвитку зелених зон і спортивних споруд у старому районі міста.	Розроблено нову зелену зону (Галацький парк), Реконструкція двох зелених зон Malom liget і Ady-domb, включаючи природоорієнтовані рішення, також оновлено рослинність парку.
Європа Словаччина	1. Проєкт передбачав ревіталізацію 9-кілометрового струмка Дубова. Особливостями його долини були: звалища, сморід і сильне забруднення води (сміттям і стічними водами). 2. Проєкт реконструкції автобусного терміналу Ниви.	1. Відродження струмка в його природному вигляді та створення місць для нових помешкань фауни та флори; створення доступу до води для рекреаційних цілей та відродження місцевих прибережних рослин на узбережжі; покращено естетичну якість середовища. 2. Проєкт включає в себе різні елементи ЗІ: великий інтенсивний зелених дах, вертикальне озеленення на стінах, громадські сади, бджолині вулики. Покращення біорізноманіття, управління водними ресурсами цього місця та покращенні якості публічних відкритих просторів.
Європа Польща	Розробка плану зеленої інфраструктури міста Вроцлав на основі локальних кейсів використання об'єктів зеленої інфраструктури	Управління дощовою водою, зменшення міського теплового острова та покращення якості повітря, трансформацію історичної вулиці в зелену смугу (вул. Żeromskiego), збільшення зелені, покращення мікроклімату, багатофункціональність міського простору.
Північна Америка США	ЗІ спрямована покращення якості води за рахунок управління дощовими стоками	Відбувається модернізація міст зі створенням: - дощових садів, що утримують воду; - водопроникних тротуарів та спортивних майданчиків; - ГІС-карт екологічно критичних земель; - водно-болотних угідь для вловлювання зливостоків.
Північна Америка США Нью-Йорк	Облаштування транспортних і стічних каналів шляхом ландшафтного перепланування з системою відкритого простору та уловленням і фільтрацією поверхневого стоку природним шляхом Проєкт «Тепличне господарство» у школах передбачає створення на дахах шкіл самодостатніх	Фільтрація зливостоків та поверхневого стоку перед потраплянням у відкриту водойму, що забезпечує її очищення; Створення рекреаційної зони; Покращення екосистеми прилеглої території. Формування знань з питань: - Управління водними ресурсами; - Збереження біорізноманіття; - Формування мікроклімату; - Ефективного землекористування; - Управління відходами;

продовження таблиці 1.1

	оранжерей. Постачання енергії здійснюють сонячні панелі, а води – зливостоки зі спеціальною системою збору і природної фільтрації дощової води.	- Забруднення і очистка дощових вод.
Північна Америка США Каліфорнія	Розроблено «Рекомендації щодо зливостоків для зеленої зони та щільної забудови» та запровадив обов’язкове використання методів ЗІ в усіх нових проектах територіального розвитку.	Стала система ландшафтного дизайну, що використовує : - мінімальні обсяги ґрунту для окремих дерев, - біоутримання та біофільтрацію дощових вод для озеленення; - збереження і використання дощових вод через цистерни на дахах, тощо.
Північна Америка США Луїзіана	Використання ЗІ для управління зливостоками, покращення якості води, підтримки оселищ диких тварин та екологічної стійкості загалом.	Створення локальних ділянок для накопичення води під час злив, що виокремлені від рекреаційних зон; Відновлення природних екотонів екологічних коридорів; Збереження історичної забудови шляхом збирання і відведення руйнівних зливостоків з будівель.
Південно-східна Азія Сингапур	Узгодження планування і проектування спорудження водосховищ, каналів та дренажу з довкіллям	Попередня обробка зливостоків природним чином (через ґрунти); Покращення біорізноманіття та естетики міського середовища; Створення нових рекреаційних зон.
Азія Китай	Проекти міського розвитку з комплексною системою енергопостачання, водопостачання та утилізації відходів. Для створення середовища, заснованого на сталому використанні ресурсів	Очищення стічних вод, що використовуються для підігріву води у системі тепlopостачання; Дощові стоки після інфільтрації і очищення повертаються в природне середовище; Осади використовуються як добриво у сільському і лісовому господарстві.

Джерело: складено автором на основі [15-27, 28 с. 105-120].

Таким чином, використання концепції ЗІ носить загальнопланетарний масштаб та використовується у різних країнах світу з урахуванням основних цілей (табл. 1.1) її розробки та місцевих природних та соціально-економічних особливостей.

Північна Америка та Європа – регіони, які найбільше впроваджують ЗІ, проте цілі створення і функціонування проектів зеленої інфраструктури відрізняються у цих регіонах (табл. 1.2).

Основні цілі розробки ЗІ у Північній Америці та Європі

Північна Америка	Європа
Адаптація до змін клімату	Регуляція щільності міської забудови та міський дизайн
Контроль мікроклімату на міських територіях	Мобільність
Охорона природи	Адаптація до змін клімату
Сталий дизайн міст	Сталий дизайн міст
Стала система дренажу	Сталий розвиток та відновлення міських територій
«Розумне зростання»	Здоровий спосіб життя та відповідне середовище
Управління водними ресурсами	Охорона природи

Джерело: розроблено автором на основі [29].

Ряд авторів підкреслюють важливість включення ЗІ в практику просторового планування [30, 31, 32]. Леннон і Скотт [31] ставлять за мету ідентифікацію та розширення ЗІ, як одну з найважливіших стратегій реалізації екосистемного підходу до просторового планування. Використання ЗІ в міських умовах спричиняє розвиток просторових процесів, планування та управління яких привертає особливу увагу до впливу екологічних переваг, що генеруються міським контекстом на природні (не урбанізовані) середовища [33]. Планування ЗІ повинно бути:

- а) цілісним, пов'язаним з екологічними та соціальними функціями;
- б) стратегічним, тобто таким, що відображає перспективний погляд;
- в) за участю різних зацікавлених сторін;
- г) якісною оцінкою цінності біорізноманіття та природних ресурсів [30].

Вітчизняний досвід спирається на теоретичні та практичні питання озеленення міських територій. Значну основу вітчизняного досвіду озеленення міста складає робота Кучерявого В. П. [34]. Назарук М. М. визначав значення функціонування зелених зон, та типові схеми озеленення Львівської області [35]. Кузик І. Р. [36] і Царик Л. П. [37] розглядали комплексну зелену зону міської території на прикладі

м. Тернопіль. Безлюбченко О. С., Завальний О. В., Черносова Т. О. [38] узагальнили містобудівні вимоги до планування, проєктування та створення рекреаційних та озелених зон. У роботі [39] Максименко Н. В., Клещ А. А., Пономаренко П. Р. досліджували особливості територіальної структури природокористування м. Харків на основі підходу ландшафтно-екологічного планування.

Практичні рекомендації щодо створення та фінансування об'єктів зеленої інфраструктури детально розглянуто у Каталозі природоорієнтованих рішень, виданий командою громадських активістів міста Львів [40].

Міжнародними дослідниками розглядалось питання впливу окремих об'єктів ЗІ на формування поверхневого стоку [22, 41], створення зелених дахів [42], впливу зелених насаджень на шумові характеристики [43].

Також існує багато прикладів створення озеленення окремих об'єктів міської інфраструктури [44] а також реконструкції від певних ділянок та вулиць до розробки міського проєкту зеленої інфраструктури [45].

В рамках програми Європейського банку розвитку та реконструкції «Зелені міста» містам надається інвестування на розвиток природоорієнтованих рішень у галузях водопостачання та водовідведення, міського транспорту, енергетики, енергоефективності будівель, управління відходами та інші заходи, які покращують сталість міст та адаптацію кліматичних змін. Програма реалізується шляхом розробки плану дій для подолання екологічних проблем. Харків приєднався до програми у жовтні 2021 року. Серед інших українських міст приєдналися Дніпро, Хмельницький, Кривий Ріг, Київ, Львів та Маріуполь [46].

Ряд авторів [47-49] проводили оцінку стану зеленої інфраструктури, її моніторинг та пропонували нові напрямки у використанні об'єктів ЗІ. Стан ґрунтів урболандшафту м. Харків визначали у роботі [50].

У 2018 році у м. Харків з'явилась ідея створення зеленого коридору міста, яку розробляли команда архітекторів [51]. Ідея полягала у комплексній реновації прибережних зон та створення велосипедного маршруту, який би об'єднав Журавлівський та Олексіївський гідропарки вздовж набережних річок Харків та Лопань. У 2021 році Харківська міська рада презентувала по суті той же проєкт під

назвою «Зелений каркас» [52]. За інформацією міського голови це реконструкція 62 км велосипедних та пішохідних маршрутів з використанням природоорієнтованих рішень (зокрема, водопроникні покриття у заплавах річок), а також 27 км зелених вулиць, 19 км вулиць малоповерхової забудови (приватного сектора), приблизно 19 км велосипедних і пішохідних стежок у мікрорайонах і паркових зонах міста. На рис. 1.2 представлено обидві схеми проєктів. Проєкт архітекторів носив більше соціальний характер (забезпечення рекреації), а проєкт міськради має більш комплексний вигляд, але при його анонсуванні для населення не надали жодних даних з інвентаризації зелених зон вздовж зеленого каркасу, оцінки їхнього стану тощо.

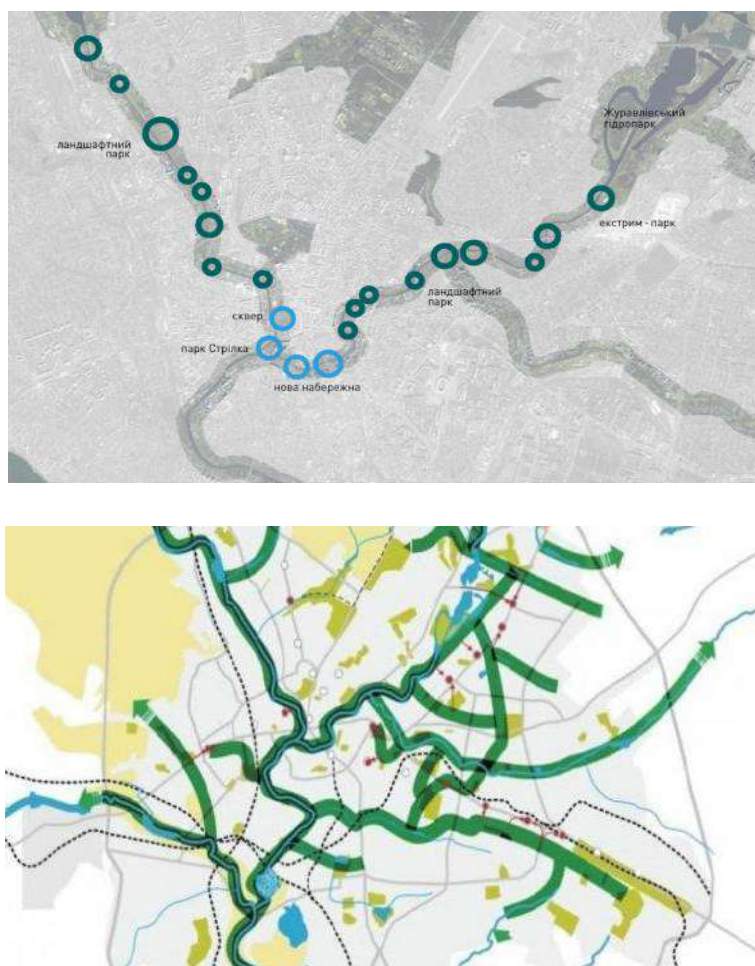


Рис. 1.2. Проєкт архітектурного бюро «Дроздов і Партнери» та проєкт «Зеленого каркасу» Харківської міської ради

Джерело: [51-52]

При цьому громадського обговорення проєкту на той момент проведено не було. Після початку повномасштабної війни у 2022 році цей проєкт був поставлений на відносну паузу, оскільки є необхідність вже не просто створення зеленого каркасу, а повної програми післявоєнного відновлення територій міста та області.

1.2 Нормативно-правова база розробки зеленої інфраструктури

У більшості прикладів використання концепції зеленої інфраструктури було підкріплено місцевими, регіональними планами управління, які сприяли також і підтриманню національних стратегій сталого розвитку у контексті екологічного спрямування [53, 54].

В рамках існуючих законодавчих та нормативно-правових актів відбувається формування короткотермінових та стратегічних планів щодо розробки зеленої інфраструктури, які потім включаються до обласних та регіональних планів управління та організації природних ресурсів [54].

Основними законодавчими актами у сфері охорони природних комплексів, збереження біорізноманіття та відтворення природних ресурсів є:

- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-ХІІ від 25.06.1991 р.;

- Закон України «Про природно-заповідний фонд» № 2456-ХІІ від 16.06.1992 р.;

- Закон України «Про екологічну мережу» № 1864-ІV від 24.06.2004 р.;

- Закон України «Про Червону книгу України» № 3055-ІІІ від 07.02.2002 р.;

- Закон України «Про тваринний світ» № 2894-ІІІ від 13.12.2001 р.;

- Закон України «Про рослинний світ» № 591-ХІV від 09.04.1999 р.;

- Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1196 «Про затвердження Порядку включення територій та об'єктів до переліків територій та об'єктів екологічної мережі» [54].

А також Водний та Земельний кодекси України, різні постанови, пов'язані з ними. Зокрема, Земельний Кодекс у контексті зеленої інфраструктури доповнюється ще Постановами КМУ, які стосуються цільового використання земель. У Водному кодексі – це Постанови КМУ щодо управління зонами з ризиком затоплення та інші [54].

Законодавчі акти, які прямо не стосуються природоохоронної діяльності, проте в окремих статтях (положеннях) можуть стосуватись територіальної організації зеленої інфраструктури та національні та регіональні стратегії розвитку та інші [54].

Законодавство України щодо організації, забезпечення функціонування та зонування урбосистеми ґрунтується на ЗУ «Про регулювання містобудівної діяльності» [55]. Питання щодо озеленення населених пунктів визначається у ЗУ «Про благоустрій населених пунктів» [56]. При цьому у практичному спрямуванні більш важливими саме для планування зеленої інфраструктури виступають нормативно правові акти місцевого значення та нормативи щодо озеленення та будівництва такі, як ДБН, Державні санітарні-норми і правила та галузеві інструкції. Ці документи активно переглядаються та поновлюються з огляду на приведення до норм законодавства Європейського Союзу. Основним документом щодо зонування міських територій та озеленення є ДБН.Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова території» [57]. Згідно з цим документом при плануванні розвитку території міста пріоритетними є соціальні та екологічні критерії. Цей документ також встановлює зонування території, що є невід'ємною частиною розробки зеленої інфраструктури. Так виділяються наступні територіальні зони: сельбищна, виробнича, рекреаційна та ландшафтна. На цих територіях земельні ділянки зонуються за функціональним призначенням:

- житлової та громадської забудови, яка складається з прибудинкових територій багатоквартирних будинків, земельних ділянок садибних будинків, гуртожитків, а також земельних ділянок, на яких розташовуються заклади дошкільної освіти, загальної середньої освіти, громадські центри мікрорайонів, заклади охорони здоров'я, соціального захисту, культури та мистецтва,

фізкультурно-оздоровчі і спортивні споруди, підприємства торгівлі і харчування, побутового обслуговування, органи державної влади та місцевого самоврядування, громадських та релігійних організацій, фінансово-кредитних установ, науково-дослідних та проектних організацій;

- транспортних комунікацій (транспортної інфраструктури), що складаються з вулиць, доріг, об'єктів підприємств та мереж міського і зовнішнього транспорту;

- інженерних комунікацій (інженерної інфраструктури), яка включає території інженерних споруд і мереж;

- спеціального призначення, яка включає території закладів і організацій органів державної влади з питань оборони та безпеки, військових містечок, пенітенціарних установ, режимних об'єктів зв'язку;

- виробничої забудови, на якій розташовані підприємства промисловості, енергетики, сільського, лісового, водного господарства та інших виробничих об'єктів;

- комунально-складської забудови, на якій розташовані підприємства складського господарства, житлово-комунального господарства, поводження з побутовими відходами, зооветеринарного обслуговування, території місць поховання, пожежно-рятувальних підрозділів;

- ландшафтні та рекреаційні;

- курортно-оздоровчі;

- озелених територій, що складаються із зелених насаджень загального користування, зелених насаджень обмеженого користування та зелених насаджень спеціального призначення;

- природоохоронного призначення;

- історико-культурного призначення [57].

В межах кожної зони можна виділити можливість створення об'єктів ЗІ, які притаманні одній конкретній зоні або для кількох зон. Наприклад, використання озеленення трамвайних колій у зоні транспортних комунікацій або використання зелених дахів на різних будівлях. Розподіл можливостей використання об'єктів

зеленої інфраструктури відповідно до міського зонування подано у другому розділі.

В даних зонах зелені насадження, як об'єкти зеленої інфраструктури поділяються на зелені насадження загального користування, обмеженого користування та спеціального користування.

Ландшафтне зонування території міста проводиться за співвідношенням площ забудованих та озелених площ. Рівнем озеленення вважається відношення площі озелених територій до загальної площі міста, одиниці його адміністративного ділення або окремої функціональної території, розрахована у відсотках.

Благоустрій території міста визначається у Законі України «Про благоустрій населених пунктів» [56] та правилах, встановлених міським управлінням «Правила благоустрою території міста Харкова» [58]. Відповідно до вищенаведених нормативно-правових актів об'єктами благоустрою є:

1) території загального користування:

- парки (гідропарки, лугопарки, лісопарки, парки культури та відпочинку, парки – пам'ятки садово-паркового мистецтва, спортивні дитячі, меморіальні та інші), рекреаційні зони, сади, сквери та майданчики;

- пам'ятки культурної спадщини;

- майдани, площі, бульвари, проспекти;

- вулиці, дороги, провулки, узвози, проїзди, пішохідні та велосипедні доріжки;

- пляжі;

- кладовища;

- інші території загального користування;

2) прибудинкові території;

3) території будівель та споруд інженерного захисту територій;

4) території підприємств, установ, організацій та закріплені за ними території на умовах договору;

5) інші території в межах міста Харкова [56].

Проте, характерною ознакою будівельних норм є відсутність пріоритетності збереження та охорони зелених насаджень міста. Лише об'єкти, які входять до

природно-заповідного фонду України в межах міста, мають природоохоронний статус, управління всіма іншими зеленими зонами в межах міста відносяться до сфери управління місцевої влади.

Питання санітарного стану міста та відносини, що виникають у сфері благоустрою населених пунктів розглядається у ДСП 145 «Державні санітарні норми та правила утримання територій населених місць» [59], ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів» [60], а зокрема утримання зелених насаджень у Правилах утримання зелених насаджень у населених пунктах України затверджених наказом Міністерства будівництва, архітектури та ЖКГ № 105 [61]. У цьому документі наводиться визначення вертикального озеленення – єдиний приклад визначення об'єкту ЗІ у нормативних документах. Відповідно до цього документу всі роботи з об'єктами благоустрою мають виконувати його балансоутримувачі. З точки зору збереження зелених насаджень це оптимальний варіант, але він виключає участь громадськості у роботах з підтримки та відновлення об'єктів благоустрою, оскільки, як правило, з боку балансоутримувача не проводиться активного залучення.

Згідно з цими ж правилами [61] «Зелене будівництво – це комплексний процес створення нових міських насаджень і реконструкція наявних». Відповідно зелене будівництво включає такі типи робіт:

- вертикальне планування території;
- прокладання водостоків і дренажів;
- прокладання мереж каналізації;
- прокладання електричних кабелів;
- будівництво водойм;
- влаштування сходів і підпірних стін;
- будівництво доріг і майданчиків;
- будівництво огорож, містків, пергол, трельяжів, альтанок, павільйонів та інших споруд;
- обладнання території диванами, лавами, інформаторами, вказівниками, урнами для сміття;

- декорування території фонтанами, скульптурами, вазами тощо [61].

До агротехніки озеленення прийнято включати:

- підготовку ґрунту для садіння і посіву;
- садіння і пересаджування дерев та чагарників;
- влаштування газонів і квітників;
- догляд за наявними зеленими насадженнями;
- біологічний і хімічний захист рослин від шкідників та хвороб [61].

Виконання тих чи інших робіт залежить від особливостей об'єкта озеленення.

При цьому у більшості документах відсутні технічні вимоги та характеристики облаштування більшості об'єктів, які можуть бути створені в рамках концепції зеленої інфраструктури.

У 2015-2016 рр. розробляється проєкт закону про зелені насадження, який значно розширював кількість об'єктів зелених насаджень міст з урахуванням сучасних природоорієнтованих рішень, але до прийняття не дійшов [62].

У ДБН В.2.3-18 2007. «Споруди транспорту. Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проектування» [63] відсутня можливість використання зеленого полотна трамвайних колій, які розташовані на відокремленому полотні. Проте на практиці, на тих ділянках трамвайних колій, які прокладені окремим полотном розвивається самосівна рослинність.

Вимоги до облаштування зупинок наземного транспорту прописані у [64] та згідно з якими визначається, що «на посадочних площадках не повинно бути зелених насаджень, кіосків, рекламоносіїв та інших об'єктів і споруд (крім кіосків для продажу проїзних квитків та лав з навісом або павільйонів для пасажирів, які б спричинювали перешкоди нормальному функціонуванню зупинки». Міжнародні практики з озеленення включають проєкти від влаштування зеленого даху на зупинках [65] до реновації цілого автобусного терміналу [44].

Виняток становлять лише ті дерева та рослинність, які вже є на ділянках тротуару або на розподільних смугах. Дерева при таких ділянках повинні бути обладнані лункою з бордюром висотою 10-12 см над поверхнею покриття площадки і накриті декоративною решіткою. Така практика не враховує приймання

грунтом та рослинами поверхневого стоку. Так, прикладами природоорієнтованих рішень служить влаштування дощових садів, в тому числі вздовж автомобільних доріг [66, 67] та поряд з зупинками громадського транспорту. Підвищення лунки дерев є рішенням при звуженні вулиці перед пішохідними переходами.

ГБН В.2.3-218-007:2012 «Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування» [68] визначають, що при зміні рельєфу при будівництві або реконструкції автомобільної дороги природоохоронними заходами має бути створення естакад, тунелів, біопереходів (екодуки тощо), посадка лісонасаджень, застосування захисних екранів, знепилювання та улаштування дорожніх покриттів удосконаленого типу. При використанні захисних лісонасаджень доцільно визначати величини зниження рівня шуму.

Окрім захисних насаджень актуальною практикою є використання озеленення островів безпеки на перехрестях, та пішохідних переходах.

Інструкція з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України, затверджена наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України у 2001 році [69] представляє собою вимоги до комплексу робіт з інвентаризації зелених насаджень; наявність картографічного та схематичного матеріалу, оцінки стану зелених насаджень, їх площі та балансової вартості, формулюванні відповідних документів. Згідно з цим документом інвентаризація повинна проводитись кожні п'ять років, а відповідальність за їх проведення лягає на балансоутримувача або міські ради. Інструкція є обов'язковою під час виконання робіт з інвентаризації всіх насаджень у межах смуги міст та селищ міського типу, а саме: загального користування, обмеженого користування та спеціального призначення.

Здійснюється з метою: охорони та збереження зелених насаджень у містах та селищах міського типу у здоровому і упорядкованому стані; посилення відповідальності за збереження насаджень підприємств, організацій і установ; сприяння створенню та форматуванню високо декоративних і екологічно ефективних та стійких до несприятливих умов навколишнього природного середовища насаджень; використання даних інвентаризації під час розроблення в

містах та селищах міського типу планів зеленого будівництва; відновлення, реконструкції та експлуатації об'єктів зеленого господарства та проведення в необхідних випадках профілактичних, лікувальних заходів.

Значними недоліками цього документу є відсутність відкритих даних, участі громадськості. У м. Харків зеленими насадженнями міста опікується спеціалізоване комунальне підприємство «Харківзеленбуд» Харківської міської ради. Рішення про рубки зелених насаджень відбуваються без участі громадськості, що неодноразово призводило до конфліктів з місцевим населенням [70].

З сучасних аналогів цієї інструкції є проект ГО «Український екологічний клуб «Зелена хвиля» під назвою «i-tree4UA». Цей проект має на меті створити аналітичні та технологічні передумови для запуску інтерактивної та прозорої системи інвентаризації міських дерев в Україні на основі технологій i-Tree. За допомогою програмного додатку i-Tree Eco можна не тільки інвентаризувати зелені насадження в місті, додаток також надає змогу розрахувати їх екосистемні послуги. Проект фінансується за підтримки US Forestry Service International Programs у партнерстві з Davey Tree Expert Company (розробники продуктів i-Tree у США), Агентством сприяння сталого розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА» [71]. Платформа має відкритий доступ та вже має перші пілотні результати – інвентаризацію зелених насаджень на території парків Осокорки та Совські ставки у Києві [72, 73].

При міській раді працює Інспекція з благоустрою, яка перевіряє юридичні особи на предмет поводження з зеленими насадженнями на введений території [74].

Таким чином, для розробки зеленої інфраструктури нормативно-правова база є досить не підготовленою. Визначення та особливості використання окремих об'єктів зеленої інфраструктури подаються у різних нормативних документах, дуже часто з різних галузей господарства, містобудування та охорони навколишнього середовища. Оптимальним рішенням є затвердження окремого документу у вигляді Державних будівельних норм, які б визначали екологічні, соціальні, естетичні та містобудівні вимоги та можливості облаштування об'єктів ЗІ для різних масштабів.

Висновки до першого розділу

1. Європейська комісія надає визначення зеленої інфраструктури як стратегічно спланованої мережі природних і напівприродних територій з іншими природними особливостями, розроблена та здатна надавати широкий спектр екосистемних послуг, таких як очищення води, підтримка якості повітря, забезпечення місць для відпочинку та пом'якшення наслідків зміни клімату і адаптації до нього. З розвитком концепції ЗІ тісно пов'язані підходи природоорієнтованих рішень, концепції екосистемних послуг, ландшафтно-екологічного планування та інших. Основною вимогою при розробці зеленої інфраструктури є зв'язність її об'єктів.

2. Міжнародний досвід використання концепції ЗІ полягає у розробці регіональних та місцевих проектів або планів управління зеленою інфраструктурою. Історія розвитку концепції зеленої інфраструктури починається з кінця ХХ ст. у США, де метою створення зеленої інфраструктури було запобігання затопленням, регулювання поверхневого стоку та зниження інтенсивності ураганів, за рахунок утримання води зеленими зонами. На території країн Європейського Союзу цей напрямок почав розвиватись на початку 2000-х років і вже розглядав зелену інфраструктуру не тільки як засіб регулювання поверхневого стоку, а як комплексну систему, яка виконує цілу низку екологічних, соціальних функцій та є економічно вигіднішою, ніж використання суто технічних засобів. ЄС розглядає зелену інфраструктуру, як засіб для зупинки втрат біорізноманіття та його відновлення, що особливо актуально для урбанізованих ландшафтів.

3. В Україні досвід використання концепції ЗІ має локальний характер і знаходиться на стадії свого активного розвитку, переважно завдяки громадським природоохоронним організаціям та активістам. В порівнянні з міжнародними практиками, де планування здійснюється в міському масштабі, в Україні наразі створюються окремі об'єкти зеленої інфраструктури, які в майбутньому повинні бути вписані в зелену інфраструктуру населеного пункту. Окремою групою

досліджень можна вважати роботи з оцінки стану ґрунтів та флори, стану регресії ландшафту, проблематики функціонування зелених зон та ефективності використання добрив та систем поливу на території об'єктів зеленої інфраструктури переважно загального користування.

4. Нормативно - правова основа для використання концепції ЗІ складається з Державних будівельних норм Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова території», Державних будівельних норм Б 2.2-5:2011 «Планування і забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій», «Про благоустрій населених пунктів», місцевих правил «Правила благоустрою території міста Харкова», «Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України», «Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України». Окрім того, окремо варто виділити Державні будівельні норми та Галузеві будівельні норми, які використовуються для конкретних інфраструктурних об'єктів (трамвайні колії, облаштування зупинок громадського транспорту тощо). Перелік структурних елементів озелених територій надається у [56], але він не враховує нові форми (наприклад, дощові сади, зелені дахи тощо). Також в окремих ДБН, ГБН, правилах згадується можливість визначення та облаштування окремих об'єктів та правила збереження їх функціонування. При цьому у більшості нормативно-правових документах відсутні технічні вимоги та характеристики облаштування більшості об'єктів, які можуть бути створені в рамках концепції зеленої інфраструктури. Для Харкова актуальною проблемою є відсутність відкритих даних для міського населення щодо зелених об'єктів. Інвентаризація зелених насаджень відбувається раз на 5 років, її проводять профільні департаменти Харківської міської ради, і результати залишаються закритими від громадськості. Також негативним напрямом є відсутність громадського обговорення при прийнятті рішень щодо об'єктів зеленої інфраструктури їх реконструкцій, на етапі створення нових планів зелених зон міста.

Результати проведених наукових досліджень, викладених у розділі 1, опубліковані у наукових працях автора [2, 53, 54].

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ХАРКІВ

2.1 Типологія об'єктів зеленої інфраструктури міста

До об'єктів зеленої інфраструктури як правило відносять всі зелені насадження в урбосистемі, як природного походження, так і штучно створені.

Одним з ключових питань для розробки проекту зеленої інфраструктури є виділення ключових критеріїв для визначення території, як частин проекту. На початковому етапі постає проблема доцільності віднесення конкретних територій до ЗІ, яка також залежить від встановлених цілей створення такого проекту. Чи не найбільш суттєвим при виборі критеріїв є різниця масштабів [75].

Національний або регіональний рівень стосується взаємопов'язаних мереж паркових систем та коридорів для диких тварин. Міський рівень стосується парків та міського лісового господарства, а також зелених дахів, стін та інших прийомів для зменшення споживання енергії та стічних вод зливових вод.

За дослідженням [76], узагальнені критерії для міського рівня ЗІ виглядають наступним чином:

- забезпечує виконання екологічних функцій, підтримання біорізноманіття, забезпечує функціонування екосистем;
- якість навколишнього середовища для адаптації до змін клімату, управління водними ресурсами, зниження рівня шуму, забезпечення естетики;
- біологічні рішення технічних проблем, таких як управління поверхневим стоком;
- культурна ідентичність в усвідомленні історії, культури міста;
- структура міста є важливим елементом міського життя;
- забезпечує зони для відпочинку та повсякденного суспільного життя, такі як ліси, заболочені ділянки, стежки, парки, річки, луки та інші відкриті простори;
- стратегічно сплановані та керовані для інтеграції між міським розвитком, охороною природи та здоров'ям населення;

- підтримує цілісність середовищ існування для рівності якості та кількості;
- збереження землі для первинного виробництва товарів, таких як виробництво продуктів харчування, лісова продукція [76].

На відміну від міського середовища, у відкритому ландшафті не всі зелені території кваліфікуються як ЗІ. Економічно чи технічно неможливо охопити всю територію природними екосистемами, щоб забезпечити їх позитивний вплив на природні процеси на кожному місці [29]. У табл. 2.1 наводиться узагальнене порівняння критеріїв об'єктів зеленої інфраструктури на міському та регіональному рівнях.

Таблиця 2.1

Узагальнений підхід до визначення критеріїв об'єктів ЗІ

Основні вимоги	Міський рівень	Регіональний рівень
Функціональність	На міській території доцільно обирати до 2 основних функцій, а інші виступають, як додаткові	Багатофункціональність
Екосистемні послуги	Надання екосистемних послуг – одна-дві	Надання різноманітних екосистемних послуг
Зв'язність територій	Зв'язність територій простежується у міському масштабі, вона може бути не яскраво виражений (напр. зелені дахи), або і зовсім відсутня	Зв'язність територій, пов'язана із захистом екологічних мереж є однією з обов'язкових умов

Джерело: розроблено автором на основі [29].

Проекти з зеленої інфраструктури розробляються, як правило, для кожного міста, територіальної громади або області індивідуально, враховуючи масштабність проектів, але загалом за схожим алгоритмом [77]:

1. визначення основної мети;
2. визначення основних компонентів ЗІ;
3. моделювання різних сценаріїв при розробці територій ЗІ;
4. економічний розрахунок поточних витрат та вигод від впровадження зелених та/або сірих інфраструктурних проектів;

5. економічне обґрунтування отриманих оптимальних моделей;
6. аналіз ризику та невизначеності.

В роботі Х. Райта [10] виділено наступні етапи:

- формування основних цілей створення зеленої інфраструктури;
- аналіз існуючих даних щодо виділених територій;
- виділення найбільш цінних територій;
- оцінка ризику;
- визначення можливостей захисту та відновлення;
- останній етап передбачає включення розробленої стратегії до планів управління, зонування, а також розвитку туризму та рекреації.

В рамках створення проекту ЗІ для міста Харкова пропонується наступний алгоритм розробки проекту:

1. визначення мети: визначення основних екологічних, соціальних та економічних проблем, які планується вирішити за допомогою проекту зеленої інфраструктури міста Харків;

2. збір та аналіз первинної ситуації:

2.1 кількість та особливості зелених зон міста, характеристика наявних водних об'єктів, ландшафтів, об'єктів ПЗФ, картографічне забезпечення;

2.2 зонування території міста та зокрема зелених насаджень, визначення існуючих та перспективних до включення об'єктів ЗІ;

3. проведення оцінки екологічних функцій зеленої інфраструктури на окремих об'єктах;

4. розробка локальних рекомендацій по створенню або відновленню об'єктів зеленої інфраструктури [78].

До 2018 року зелені насадження міста розподілялись на категорії згідно з [79]:

- зелені зони загального користування – території, що використовуються для відпочинку всього населення міста – парки, сквери, бульвари, міські ліси, ботанічні сади, дендрологічні парки, а також рекреаційні зони, розташовані на громадських міських землях, короткострокові зони відпочинку біля води;

- зелені зони обмеженого використання – території в межах житлових, цивільних, виробничих будівель, організацій охорони здоров'я, науки та освіти, розроблених для використання певними групами населення;

- спеціальні зелені зони – озеленені зони, призначені для санітарної охорони, захисту води, а також меліоративних зон, кладовищ, насаджень вздовж доріг і залізниць, розсадників, квітково-парникових господарств, територій природоохоронних зон.

У 2019 році набули дії нові ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій [57] де сама класифікація дещо ширше, проте по-об'єктно залишається розподіл на вказані вище три категорії.

Зонування та категоризація об'єктів ЗІ залежить від масштабу проєкту та умов розробки. Також при розробці проєкту доцільно спиратися на категоризацію земель, відповідно до Земельного кодексу України. Таким чином, пропонується зонування за наступними категоріями земель, які є частиною або перспективні до включення у ЗІ:

1) землі рекреаційного, оздоровчого призначення, у т. ч. парки, сквери, спортивні майданчики та ін.;

2) землі водного фонду, включаючи річки, озера, ставки та ін. водні об'єкти в межах міста, та їх прибережна частина, водоохоронні зони;

3) землі лісового фонду в межах міста, лісопаркові насадження;

4) землі природоохоронного призначення;

5) присадибні ділянки в межах міста, садові товариства в межах міста;

6) забудовані історичні райони міста;

7) забудова різної поверховості, у тому числі землі міської громадської забудови;

8) землі промисловості, транспорту та зв'язку.

В рамках дослідження об'єктами зеленої інфраструктури є зелені насадження в межах міста та прилеглих зонах. У своїй роботі Х. Райт [10] зазначає, що компонентами ЗІ доцільно визначати природні комплекси:

1. Заповідні території, що є частиною Natura 2000, а також ті, які можуть бути створені у майбутньому.

2. Території, що не входять до природно-заповідного фонду, проте мають високу цінність (умовну та на основі екосистемних послуг).

3. Природні та напівприродні екосистеми такі, як невеликі водосховища, ставки, лісові території, які можуть використовуватися як екологічні коридори.

4. Відновлені місця проживання і існування, які створені для конкретних видів, які допоможуть розширити розмір охоронних територій, збільшення кормової бази, розмноження та міграції.

5. Штучні елементи – канали або еко-мости, які призначені для переходу через ландшафтні бар'єри.

6. Багатофункціональні зони, де землекористування, допомагає підтримувати або відновлювати стан біорізноманітних екосистем та зменшує вплив інших видів діяльності.

7. Райони, де впроваджуються заходи щодо поліпшення загальної екологічної якості та стійкості ландшафтів.

8. Міські елементи, такі як парки, зелені дахи (та/або) стіни, які підтримують біорізноманіття та забезпечують функціонування екосистем у зв'язку між міськими, приміськими та сільськими районами.

9. Території, які впливають на адаптацію до змін клімату та можуть пом'якшувати їх наслідки – болота, заплавні ліси (запобігання повені, споживання CO₂, збереження водних ресурсів).

Іншу типологію об'єктів ЗІ пропонують у прикладах Великої Британії [6]:

- парки та сади – міські парки, дачні та регіональні парки, офіційні сади;
- «зручні» зелені зони (з англ. – amenity greenspace) – неофіційні місця для відпочинку, житлові зелені насадження, домашні сади, зелень села, міські общини, інші випадкові місця, зелені дахи;
- природні та напівприродні міські озеленені простори – ліси та чагарники, трав'янисті рослини (наприклад, угіддя та луки), пустища та болота, заболочені

ділянки, відкрита та проточна вода, пустища та порушений ґрунт), голі ареали гірських порід (наприклад, скелі та кар'єри);

- зелені коридори – річки та канали, включаючи їх береги, дорожні та залізничні коридори, велосипедні маршрути, пішохідні доріжки та права на дорогу;

- інше – наділи, сади громади, міські господарства, кладовища та церковні двори.

У 2011 році у фінальному звіті Institute for European Environmental Policy [80] було визначено шість елементів зеленої інфраструктури:

– основні райони (тобто великі території здорових та функціонуючих екосистем);

– зони відновлення (тобто нові зони проживання для конкретних видів або відновлені екосистеми);

– зони стійкого використання екосистеми (тобто зони, що підтримують або покращують екологічну якість за рахунок сталого економічного використання земель);

– зелені міські та міжміські райони (наприклад, парки, сади, газони та зелені дахи);

– природні ознаки сполучення (наприклад, живоплоти та прибережна річкова рослинність);

– особливості штучної сполученості (тобто функції ЗІ сприяють руху видів, наприклад, зелені мости та екопроводи).

Об'єкти зеленої інфраструктури умовно можна поділити на ядра та коридори (рис. 2.1). Ядрами, як правило виступають великі зелені зони, такі як міські парки, сади, сквери, лісові насадження в межах міста. Коридорами прийнято вважати зелені насадження вздовж водоохоронних зон, лінійні захисні насадження, озеленені шляхопроводи, екомости та екодуки. На наш погляд доцільно виділити в окрему групу малі за площею та штучно створені об'єкти ЗІ. До таких об'єктів відносяться зелені дахи, зелені стіни, дощові сади, озеленення зупинок громадського транспорту, зелені парковки, озелененні острови безпеки на автошляхах.



Рис. 2.1. Схема зв'язку ядер і коридорів зеленої інфраструктури
Джерело: розроблено автором на основі [10].

В рамках дослідження виділяються наступні види об'єктів ЗІ:

Основними ядрами зеленої інфраструктури міста є парки (у т.ч. гідропарки, лугопарки), сади, сквери, об'єкти природно-заповідного фонду. Вони формують основу зеленої інфраструктури міста.

Парк – це земельна ділянка з природною або спеціально висадженою рослинністю, з дорогами, алеями, водоймами, призначених для відпочинку, рекреації, розважальних заходів [34].

Сквер – це зелені насадження на площі чи вулиці, що відіграють архітектурно-декоративну роль і використовуються для короткотривалого відпочинку.

Міський сад – структурний елемент озеленення міста, призначений для короткочасного відпочинку населення [34].

Санітарно-захисні зони – ці насадження створюються з метою зниження негативного впливу викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств та транспорту, проте виконують також шумозахисну функцію [34].

Озеленення прибудинкових ділянок відіграє одну з ключових ролей у формуванні оптимального еколого-естетичного середовища. За функціональним призначенням Кучерявий В. П. [34] прибудинкове озеленення поділяє на:

- декоративні (до них можна віднести клумби поряд з будинками, якими зазвичай опікуються місцеві жителі);
- захисні (насадження по периметру житлового кварталу, шириною 2-2,5 м);
- розмежувальні (насадження мікрорайонів та кварталів);
- маскувальні (насадження навколо санітарних та інших спеціалізованих будівель та споруд, в т. ч. вздовж стін і парканів);
- полісадів (озеленення прибудинкової малоповерхової забудови, переважно у виді газонів та висадженими однолітніми квітами, чагарниками) [34].

Озеленення установ та організацій – у межах виділених земельних ділянок установи, підприємства, організації зобов'язані проводити роботи з благоустрою прилеглої території. Як правило до такого типу озеленення відносяться зелені насадження на території громадських центрів, навчальних закладів, закладів охорони здоров'я.

Садові товариства в межах міста є прикладом пост-радянської практики з обробки земельних ділянок, вирощування овочів та фруктів для власних потреб.

Лісові ділянки в межах міста являють собою природні зони, які використовуються переважно для відпочинку, або відносяться до природно-заповідного фонду міста.

До коридорів ЗІ відносяться лінійні захисні насадження, озеленення трамвайних колій, заплави річок, екодуки, озеленені бульвари.

Бульвари – озеленена смуга вздовж транспортної магістралі, яку використовують для пішохідного руху і короткотривалого відпочинку.

Зелена колія – висадка трав'янистої рослинності вздовж трамвайних колій. Зелена колія може бути спеціально створена або мати самосівний характер.

Екодук – інженерна споруда, яка використовується для сполучення двох полігональних об'єктів зеленої інфраструктури та використовується переважно для забезпечення міграції різних видів тварин.

Лінійні захисні насадження, як правило, представляють собою систему лінійних смуг, які формують вітровий режим територій [34].

Заплави річок в містах зазнають значного екологічного навантаження на аквальні та субаквальні ландшафти. Відновлення санітарно-гігієнічного стану та підвищення естетичних якостей прибережної території міських річок і струмків є актуальним напрямком роботи [28, с. 120-124].

Окремо, на нашу думку, доцільно винести в окрему категорію об'єктів ЗІ такі ділянки озеленення, які не потребують значних площ для відведення та складного догляду. До таких об'єктів відносяться зелені парковки, зелені стіни, зелені зупинки та інші. Кожен з таких об'єктів виконує одну або кілька функцій відповідно до своєї специфіки (захист від шуму, регулювання поверхневого стоку, підтримка оптимальних умов мікроклімату тощо).

Зелений дах – це покрівля будівлі, частково або повністю покрита рослинністю та шаром ґрунту [81].

Дошові сади – сад з місцевими чагарниками, багаторічниками та квітами, висадженими в невеликій западині, яка зазвичай формується на природному схилі. Дошові сади забезпечують функціонування процесу біозбереження – це процес, при якому забруднюючі речовини і осадження видаляються із зливових стоків. Злилова вода збирається в зону обробки, яка складається з буферної смуги з трави, піщаного пласта, ставкової зони, органічного шару або шару мульчі, посадкового ґрунту і рослин.

Зелені стіни – це частково або повністю покриті рослинністю стіни будівель чи елементи огорож [40].

Зелена зупинка – це зупинка громадського транспорту з озелененням на даху та/або вздовж стін [40].

Зелена парковка – тип проникної поверхні, що являє собою паркувальне місце, засіяне газонною травою та укріплене газонними решітками або спеціальною бруківкою [40].

Міські сади та городи – це публічні простори, створені для вирощування фруктів, овочів, прянощів, квітів в умовах обмежених земельних ресурсів, а також для популяризації ідеї, що їжу можна вирощувати не лише в сільській місцевості. Їх аналогом можна назвати садові товариства, проте, на відміну від них, ідея

міського саду полягає у можливості вирощувати продукцію для населення, яке не має власних земельних ділянок, та проживає у багатоповерховій забудові [40].

Різнотрав'я – різновид газону, що складається переважно з лучних рослин та являє собою функціональну альтернативу традиційним газонним сумішам [81].

Озеленення островів безпеки на автомобільних шляхах, та озеленення розмежувальних ділянок створюються переважно з метою підвищення безпеки ділянок пішохідних переходів та автомобільних розв'язок.

У Харкові озеленюються переважно ділянки, які розмежовують автотранспортні магістралі.

В рамках дослідження пропонується наступні об'єкти ЗІ в залежності від територіального зонування міської території, за функціональним призначенням та за категоріями землекористування (табл. 2.2).

Варто відмітити, що частина об'єктів ЗІ може функціонувати, як самостійні об'єкти (наприклад, дощові сади), так і у складі більш масштабних об'єктів (наприклад, дощові сади на території парку або рекреаційної зони). Як правило, група малих об'єктів ЗІ, до якої віднесено зелені дахи, зелені стіни, дощові сади тощо, можуть розташовуватись у всіх міських функціональних зонах, виняток складають лише об'єкти природно-заповідного фонду, де їх облаштування неможливе з огляду забезпечення охорони природних об'єктів та ландшафтів, а також конфігурації об'єктів. Проте, для об'єктів ПЗФ, які мають функціональне зонування та диференційний режим охорони облаштування об'єктів ЗІ можливе. Таким чином, об'єкти ЗІ можливо облаштувати на території:

- біосферних заповідників – у зоні антропогенних ландшафтів,
- національних природних парків і регіональних ландшафтних парків – у зоні стаціонарної рекреації та на території господарської зони;
- зоологічних парків, дендрологічних парків, ботанічних садів, парків-пам'яток садово-паркового мистецтва – у господарських та адміністративно-господарських зонах.

Отже, облаштування об'єктів ЗІ залежить від просторово-ландшафтних і планувальних особливостей місцевості.

Використання об'єктів ЗІ відповідно функціонального зонування території міста та категорій землекористування

Територіальні зони	Зони за функціональним призначенням	Зонування за категоріями землекористування	Об'єкти зеленої інфраструктури	Тип використання
Сельбищна	Житлової та громадської забудови, яка складається з прибудинкових територій багатоквартирних будинків, земельних ділянок садибних будинків, гуртожитків, а також земельних ділянок, на яких розташовуються заклади дошкільної освіти, загальної середньої освіти, громадські центри мікрорайонів, заклади охорони здоров'я, соціального захисту, культури та мистецтва, фізкультурно-оздоровчі і спортивні споруди, підприємства торгівлі і харчування, побутового обслуговування, органи державної влади та місцевого самоврядування, громадських та релігійних організацій, фінансово-кредитних установ, науково-дослідних та проектних організацій	Присадибні ділянки в межах міста, садові товариства в межах міста; забудовані історичні райони міста; забудова різної поверховості, у тому числі землі міської громадської забудови.	Газони, клумби, ландшафтні композиції, ділянки різнотрав'я, дощові сади, міські сади та городи	Обмежений
			Газони, клумби, ландшафтні композиції	Загальний
			Зелені дахи (для новобудов)	Обмежений
			Зелені стіни	Обмежений
			Зелені парковки	Обмежений, загальний
			Ділянки різнотрав'я	Загальний
Виробнича	транспортних комунікацій(транспортної інфраструктури), що складаються з вулиць, доріг, об'єктів підприємств та мереж міського і зовнішнього транспорту	землі промисловості, транспорту та зв'язку	Зелені колії трамвайних ліній	Спеціальний
			Зелені зупинки наземного громадського транспорту	Загальний
			Лінійні захисні насадження вздовж автотранспортних шляхів	Спеціальний
			Озеленені острови безпеки Дощові сади	Спеціальний

Виробнича	інженерних комунікацій (інженерної інфраструктури), яка включає території інженерних споруд і мереж;		Ділянки різнотрав'я.	Спеціальний
	спеціального призначення, яка включає території закладів і організацій органів державної влади з питань оборони та безпеки, військових містечок, пенітенціарних установ, режимних об'єктів зв'язку;		Сквери, парки Зелені дахи Зелені стіни Дощові сади	Спеціальний
	виробничої забудови, на якій розташовані підприємства промисловості, енергетики, сільського, лісового, водного господарства та інших виробничих об'єктів;		Зелені дахи виробничих підприємств	Спеціальний
			Санітарно-захисні зони	Спеціальний
			Зелені стіни	Спеціальний
			Дощові сади	Спеціальний
Рекреаційна	курортно-оздоровчі; історико-культурного призначення	землі водного фонду, включаючи річки, озера, ставки та ін. водні об'єкти в межах міста, та їх прибережна частина, водоохоронні зони; землі лісового фонду в межах міста, лісопаркові насадження; землі природоохоронного призначення;	Парки Сквери Бульвари Сади Заплати річок Аквальні ландшафти Лісові насадження Об'єкти ПЗФ	Загальний
Ландшафтна	ландшафтні та рекреаційні природоохоронного призначення;	землі рекреаційного, оздоровчого призначення, у т.ч. парки, сквери, спортивні майданчики та ін.;		Загальний, Спеціальний

Джерело: узагальнено та систематизовано автором

2.3. Методи оцінки екологічних функцій зеленої інфраструктури для м. Харків

Окрім, широко прийнятих екологічних функцій зеленої інфраструктури міста [34] розуміння функцій зелених насаджень значно розширюється за межі суто надання рекреаційних послуг, історико-культурного значення та оздоровлення населення.

В рамках дослідження проведено оцінку наступних функцій міської зеленої інфраструктури :

1. шумозахисна функція;
2. функція очистки стоку на прикладі зелених дахів;
3. функція забезпечення об'єктами зеленої інфраструктури загального користування для адміністративних районів Харкова (нормативний рівень озеленення);
4. оцінка поглинання вуглецю об'єктами зеленої інфраструктури;
5. оцінка впливу зеленої інфраструктури на формування ефекту теплового острова міста.

Відомо [82], що лінійні захисні насадження значно впливають на зменшення рівня шумового навантаження при віддалені від автомобільних шляхів. Однак, на рівень зменшення шумового навантаження значно впливає щільність посадки дерев, кількість рядів посадки, їх висота та зімкнутість крони [83, 84].

Для оцінки шуму в різних країнах використовують рівень звуку в децибелах – це загальний рівень звукового тиску, виміряний шумоміром на кривій частоти корекції А, яка визначає загальноприйняту частотну характеристику сприйняття шуму людським вухом. Основними критеріями забезпечення акустичного комфорту житлових та прилеглих до них територій є нормативні еквівалентні рівні шуму житлової забудови відповідно до нормативу ДБН В 1.1-31:2013 [85].

Акустичні характеристики зелених зон включають два різних аспекти: поглинання зовнішнього шуму та ізоляцію внутрішнього середовища від зовнішнього шуму [86]. Основною вимогою до діапазону ключових зон є рівномірність розміщення, охоплення всіх функціональних зон, можливість

паралельного вимірювання шуму біля його джерела та за «звуковим екраном» (всередині житлової зони). Методика проведення дослідження полягає у вимірюванні рівня шуму в одному з адміністративних районів м. Харків – Салтівському: у вихідні та робочі дні, вранці та вдень. Вимірювання шуму проводили за допомогою приладу «Цифровий шумомір». Для ілюстрації та наочного уявлення розподілу шумового забруднення використано програмне геоінформаційне забезпечення QGIS інструмент інтерполяції [87]. Результати оцінювання рівня шумового забруднення для м. Харків опубліковано у [82].

Не менш важливою проблемою для сучасних українських міст є управління та очищення поверхневого стоку. З розвитком урбанізаційних процесів не відбувається пошук нових рішень при плануванні системи відведення дощових та талих стоків. Як правило, нові споруди (житлові та нежитлові приміщення, адміністративні будівлі тощо) приєднуються до вже наявної системи відведення стоку. При цьому за рахунок зменшення проникних поверхонь і збільшення навантаження на систему водовідведення підключенням нових будівель і споруд, збільшується частота негативних наслідків затоплення під час інтенсивних опадів [88].

Харків динамічно розвивається і все частіше постають проблеми щодо регулювання у галузі водоспоживання. Застарілі системи водопостачання, водовідведення та вловлювання зливових вод не справляються з роботою. Як наслідок, маємо чисельні аварії з наднормативними витратами води, аварійними скидами. Під час опадів та у період сніготанення мережа прийому зливових вод не справляється з об'ємами дощових та талих вод майже у всіх районах міста [88] (рис. 2.2).

Суто технічні рішення є доволі складними, як наприклад повна заміна системи водовідведення поверхневого стоку. У той же час, засобами зеленої інфраструктури можна забезпечити: зменшення негативних наслідків погодних умов; зменшення забруднення річок міста поверхневим стоком; зменшення водної ерозії ґрунтів міста [88].



а) вул. Індустріальна б) вул. Академіка Павлова в) проспект Гагаріна

Рис. 2.2. Результат дощу у м. Харків у липні 2019 року

Джерело: зроблено автором

Для дослідження функції з очистки поверхневого стоку зеленою інфраструктурою у якості об'єкта було обрано зелені дахи. Вони не потребують відведення значних площ, а їх облаштування не є високовартісним [89].

У ході дослідження проведена інвентаризація зелених дахів м. Харкова методом польового обстеження та за допомогою дистанційного зондування та ГІС-технологій (QGIS 3.16, SAS Planet).

На визначених експериментальних ділянках відібрано наступні зразки проб поверхневого стоку для хімічного аналізу: вода та сніг з плоских і похилих дахів. Хімічний аналіз поверхневих стоків із зелених дахів проведено навчально-дослідною лабораторією аналітичних екологічних досліджень Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Лабораторія має атестацію та сертифікат ISO 10012:2005 № 01-0155/2019 [89].

Аналіз проб було проведено за наступними показниками: рН, мутність, прозорість, запах, лужність, загальна жорсткість, важкі метали (Zn, Fe, Mn, Cu, Cd, Cr), аміак, нітрити, нітрати та хлориди [89].

Водний рН визначали за допомогою рН-метра. Цей метод, на відміну від паперових або спеціальних смужок, дозволяє встановити кислотність та/або лужність рідини з точністю до сотих та відповідає вимогам «ДСТУ 4077-2001 Якість води. Визначення рН (ISO 10523:1994, MOD)». Мутність води визначають

за допомогою фільтра. Перший етап це зважування фільтра, другий етап – зважування фільтра після пропускання проби води через нього, потім висушування фільтра і повторне зважування. Різниця в масі фільтра буде вказувати на частку завислих речовин у воді. Прозорість води визначають за методом Снеллена, за допомогою скляного циліндра з плоским дном висотою 30 см. Воду необхідно перемішати і залити в циліндр на всю висоту. Під дно циліндра необхідно підкласти папір зі стандартним шрифтом. Потім, дивлячись крізь циліндр на напис, злити з нього воду, поки шрифт не стане прозорим. Висота води, виражена в сантиметрах, буде вказувати на прозорість. Для визначення запаху при кімнатній температурі +20 °C спочатку добре перемішують воду в пробірці, накривають її склом, а потім знімають склянку і вдихають аромат через ніс. Лужність визначають кислотно-основним титруванням протягом 24 годин після відбору проби. Раніше кислотність вимірювали за допомогою рН-метра. Далі зразки води титрували розчином HCl з індикатором метилового оранжевого. Індикатор зміни кольору метилового оранжевого вказує на загальну лужність. Загальну жорсткість визначали титруванням розчином динатрієвої солі (трилон Б і комплекс III) в лужному середовищі з використанням індикатора хромогенної чорноти. Важкі метали, а саме цинк (Zn), залізо (Fe), марганець (Mn), мідь (Cu), кадмій (Cd), хром (Cr) визначали методами атомно-абсорбційної та оптико-емісійної спектроскопії. Аміак, або амонійний азот, визначали за допомогою фотоелектроколориметра ULAB 102UV в лабораторних умовах. Цей пристрій автоматично визначає інтенсивність зображення, порівнюючи вибрану воду і стандартний розчин з відомою концентрацією розчину. Нітрити визначали за методом Гріса в лабораторії. Нітрати визначали в лабораторії за допомогою фотоелектроколориметра. Концентрацію хлоридів у воді визначали в лабораторії титриметричним методом [89].

Проведення інвентаризації об'єктів зеленої інфраструктури загального користування та подальша оцінка забезпеченості міського населення ЗІ було апробовано для міста Львів [90, 91] в рамках участі у проєкті Еразмус + [92, 93].

Оцінка забезпеченості зеленими насадженнями надає можливість визначення оптимальної площі зеленої інфраструктури, зокрема об'єктів загального користування, для кожного жителя міста. За нормативами Всесвітньої організації охорони здоров'я мінімальна площа забезпеченості зеленими насадженнями має складати 20 м² (0,002 га). Розрахунок доцільно проводити за кожним адміністративним районом міста, оскільки територіальне природокористування має розрізнену структуру.

Кількість зелених насаджень міста загального користування у розрахунку на одну людину можна розрахувати за формулою [34]:

$$H_{нзк} = \frac{Пп+Пс+Пбн}{Кн}, \quad (2.1)$$

де: $H_{нзк}$ – норма насаджень загального користування;

$Пп$ – площа парків міста;

$Пс$ – площа скверів і садів;

$Пбн$ – площа бульварів і набережних;

$Кн$ – кількість населення.

Дослідження вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури проводилося за методикою В. П. Пастернака та І. Ф. Букші «Інвентаризація парникових газів у лісовому господарстві України та шляхи її покращення» [94], в основі якої лежать методи оцінки екосистемних послуг, за П. І. Лакиди [95]. Розрахунок вуглецевої ємності проводився в програмі Microsoft Excel, де було створено базу даних з усіма вихідними даними: площею насаджень, площею насаджень по групах, породним складом, поновленням деревини, індексом породного складу, віком насаджень, бонітетом, кодуванням бонітету (1 і 2), кодуванням бонітету (3 і 4), типом лісорослинних умов, коефіцієнтом типу лісорослинних умов, повнотою деревостану, запасом деревини на 1 м³, сухостоєм (м³/га) та захаращеністю (м³).

Розрахунок запасу вуглецю в живій фітомасі визначено за формулами 2.2-2.10:

$$R_{v(...)} = a_0 * A^{a_1} * B^{a_2} * \exp(a_3 * A), \quad (2.2)$$

$$R_{v(...)} = a_0 * A^{a_1} * B^{a_2} * P^{a_3} * \exp \exp (a_4 * A + a_5 * P), \quad (2.3)$$

$$R_{v(...)} = a_0 * B^{a_1} A^{(a_2+a_3*P+a_4*P_2)}, \quad (2.4)$$

де: A – вік, років;

B – бонітет;

P – відносна повнота.

Запас вуглецю в чистій первинній продукції для живої фітомаси розраховувався за формулою:

$$V_{ag} = dGS(R_{ab} + R_{bl} + R_{us}) + \sum_i (dMR_i + HarvR_i + \frac{GSR_i}{Turn_i}), \quad (2.5)$$

де: dGS – чистий приріст стовбурної деревини, $m^3га^{-1}$ за рік;

dM – природний відпад, $m^3га^{-1}$ за рік;

R_i – вирази для розрахунку фракцій фітомаси;

$Turn_i$ – час існування фракцій.

Запас вуглецю в підліску живої фітомаси розраховано за формулою:

$$R_{uc} = 0,45(1,311P^2 + 2,561P - 0,0263)m, \quad (2.6)$$

де: P – повнота деревостану;

m – коефіцієнт, що залежить від віку переважаючої породи.

Об'єм вуглецю в підрісті живої фітомаси розраховувався за формулою:

$$R_{rg} = 0,45k_1k_2Ke^{k_3*h}, \quad (2.7)$$

де: K – кількість особин підросту на 1 га;

k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти;

h – висота, см.

Вміст вуглецю у сухостій відмерлої фітомаси розраховано за формулою:

$$R_{dw} = 0,5kD_wN/10, \quad (2.8)$$

де: k – коефіцієнт фракції фітомаси;

D_w – запас на 1 га;

N – коефіцієнт складу насадження.

Запас вуглецю у захаращеній частині відмерлої фітомаси визначався за формулою:

$$R_d = 0,5kD, \quad (2.9)$$

де: k – коефіцієнт залежності від породного складу;

D – запас відмерлої деревини на 1 га;

Об'єм вуглецю в лісовій підстилці розраховано за формулою:

$$R_{lit} = (0,001H_{asl} + 4,27)k_1(k_2A^2 + k_3A + k_4)P, \quad (2.10)$$

де: H_{asl} – висота над рівнем моря;

A – вік деревостану;

P – повнота;

k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти.

Визначення впливу на формування міського острова тепла було проведено на основі аналізу багатоспектральних даних дистанційного зондування Землі та складається з двох етапів: 1. визначення нормалізованого вегетаційного індексу; 2. побудова моделі ефекту теплового острова міста.

Визначення наявності рослинного покриву на території міста було проведено за допомогою розрахунку нормалізованого диференційного вегетаційного індексу (NDVI). NDVI визначається як відношення різниці спектрального коефіцієнту відбиття у ближній інфрачервоній області спектру і спектрального коефіцієнту відбиття у видимому (червоному) діапазоні до їхньої суми. Цей індекс є кількісним показником фотосинтетичної активної біомаси та має діапазон значень від -1 до 1. Для рослинності значення індексу коливається від 0,2 – 0,8 в залежності від щільності рослинного покриву [96, 97].

Для розрахунку NDVI було використано космічні знімки супутника Landsat 8 OLI TIRS L, ресурсу USGS (Геологічної служби США). Для визначення нормалізованого вегетаційного індексу використовуються багатоспектральні знімки земної поверхні у діапазоні B4 (RED) та B5 (NIR). B4 та B5 це діапазони червоного та інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 0,636-0,673 мкм та 0,851-0,879 мкм відповідно. Рівняння для розрахунку NDVI наведено нижче [96, 97]:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (2.11)$$

де NIR – спектральний коефіцієнт відбиття у ближній інфрачервоній області спектру;

RED – спектральний коефіцієнт відбиття у червоній (видимій) області спектру.

Для дослідження теплового острова міста Харків було використано супутникові знімки Landsat 8 OLI TIRS L, ресурсу USGS (Геологічної служби США). Знімки у спектральному діапазоні B10 та B11 (інфрачервоне випромінювання, довжина хвилі B10 – 10,30-11,30 мкм, B11 – 11,50-12,50 мкм) були опрацьовані у середовищі QGIS 3.30.2 за допомогою модуля Semi-automatic classification plugin. Наявність хмар на знімках не перевищувала 20%. Багатоспектральні знімки Landsat 8 OLI TIRS L містять набори метаданих, які використовуються при розрахунку ефекту теплового острова міста. У цих метаданих закладені наступні коефіцієнти:

- мультиплікативний коефіцієнт зміни масштабу діапазону з метаданих;
- специфічний для кожного діапазону адитивний коефіцієнт зміни масштабу з метаданих;
- константи термічної конверсії для конкретного діапазону з метаданих.

При автоматичному аналізі багатоспектральних знімків у ГІС - програмах визначаються показники:

- вершини спектрального випромінювання атмосфери;
- коефіцієнт спектрального випромінювання;
- розраховується температура земної поверхні і відбувається створення нового растрового знімку, який можливо перевести у векторний формат.

Порівняння просторового розподілу нормалізованого вегетаційного індексу та ефекту теплового острова міста дає можливість визначити «гарячі точки» урбосистеми, де рослинність або сильно деградована або взагалі відсутня, що призводить до збільшення температури земної поверхні. На основі просторового аналізу, візуального дешифрування космічних знімків та натурального обстеження необхідно розробляти заходи по оптимізації урбоекосистеми за допомогою планувальних рішень та розбудови зеленої інфраструктури для зменшення ефекту теплового острова міста. Такий підхід є особливо актуальним для зменшення наслідків зміни клімату, а автоматичний розрахунок у ГІС - програмах значно спрощує процес визначення територій, які потребують додаткових заходів.

Висновки до другого розділу

1. Основними критеріями вибору об'єктів, які доцільно включати у зелену інфраструктуру у міському масштабі є їх багатофункціональність, надання екосистемних послуг, зв'язність об'єктів. При оптимізації зеленої інфраструктури в даному дослідженні основним критерієм обрано виконання екологічних функцій об'єктами зеленої інфраструктури, як існуючими, так і перспективними та забезпечення просторового сполучення всіх об'єктів ЗІ.

2. Розробка проєктів зеленої інфраструктури складається з загальноприйнятих етапів, проте для кожного окремого кейсу (цілі створення, географічного масштабу, об'єктової ситуації) алгоритм може змінюватись. У дослідженні запропоновано алгоритм оптимізації зеленої інфраструктури, який складається з: 1. визначення мети; 2. збору та аналізу первинної інформації 3. зонування території міста та зокрема зелених насаджень, визначення існуючих та перспективних об'єктів для включення до ЗІ; 4. проведення оцінки екологічних функцій зеленої інфраструктури на прикладі окремих об'єктів і в цілому в місті; 5. розробка локальних рекомендацій по створенню або відновленню об'єктів зеленої інфраструктури.

3. Оцінка екологічних функцій зеленої інфраструктури складається з конкретно-наукових методів дослідження: санітарно-гігієнічної оцінки навколишнього середовища для оцінки шумозахисної функції зеленої інфраструктури; лабораторного аналізу компонентів довкілля для оцінки впливу об'єктів ЗІ на якість поверхневого стоку; картографічного синтезу та аналізу для вихідних даних просторового розміщення наявної зеленої інфраструктури.

Результати проведених наукових досліджень, викладених у розділі 2, опубліковані у наукових працях автора [75, 78, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 97].

РОЗДІЛ 3.

КОНСТРУКТИВНО- ГЕОГРАФІЧНА ОЦІНКА ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ХАРКІВ

3.1. Інвентаризація об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків

Харків представляє собою велику урбосистему, яка продовжує розвиватись, кількість мешканців складає близько 2-х млн. осіб. Площа міста 350 км² (35000 га). Місто поділене на 9 адміністративних районів. Догляд за зеленими насадженнями загального користування у місті здійснює Спеціалізоване комунальне підприємство «Харківзеленбуд». Остання інформація міської ради щодо об'єктів зеленої інфраструктури міста у відкритому доступі надана за 2014 рік. Так, у підпорядкуванні СКП знаходилось 3346,8 га, в тому числі Лісопарк та 4 гідро-, лугопарки, 18 парків, 3 сади, 93 сквери, 4 набережних, 7 бульварів, 2 меморіальних комплекси тощо. На території лісопаркового господарства знаходяться об'єкти природно-заповідного фонду: ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Помірки» і «Сокольники-Помірки», регіональний ландшафтний парк «Сокольники-Помірки» а також лісовий заказник місцевого значення «Григорівський бір» та інші об'єкти природно-заповідного фонду (ботанічні пам'ятки природи місцевого значення, заказники) [98].

Водні об'єкти в межах міста впливають на формування зеленої інфраструктури, оскільки формують субаквальні та заплавні ландшафти. Озеленення прибережних зон є однією з головних вимог природоохоронного законодавства України. Поблизу територій водних об'єктів міста прийнято створювати ландшафтно-рекреаційні зони, а саме парки, гідропарки, лугопарки та ін.

Остання інвентаризація зелених насаджень м. Харків з визначенням площі проводилася у 2005 році [99, 100]. Згідно з цими даними площа зелених насаджень міста складала 654,2948 га. Відповідно актуальною є необхідність проведення нової інвентаризації зелених насаджень [99, 100], що стало першим етапом дослідження (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Озеленення адміністративних районів м. Харків

Адміністративний район	Площа району, га	Площа зелених насаджень, га	Відсоток озеленення району
Шевченківський	4418,44	147,5045	3,34
Київський	4569,45	30,7044	0,67
Слобідський	2434,24	69,6464	2,86
Холодногірський	3211,32	73,3708	2,28
Салтівський	3161,0	49,108	2,05
Немишлянський	2229,22	12,5297	0,56
Новобаварський	3471,34	131,9982	3,80
Індустріальний	3339,33	65,0632	1,95
Основ'янський	4532,45	74,3696	1,64

Джерело: розроблено автором на основі даних [99].

Таким чином найбільш озеленим є Шевченківський район.

Графічне представлення розподілення озеленення у відсотковому співвідношенні від загальної кількості показано на рис. 3.1.

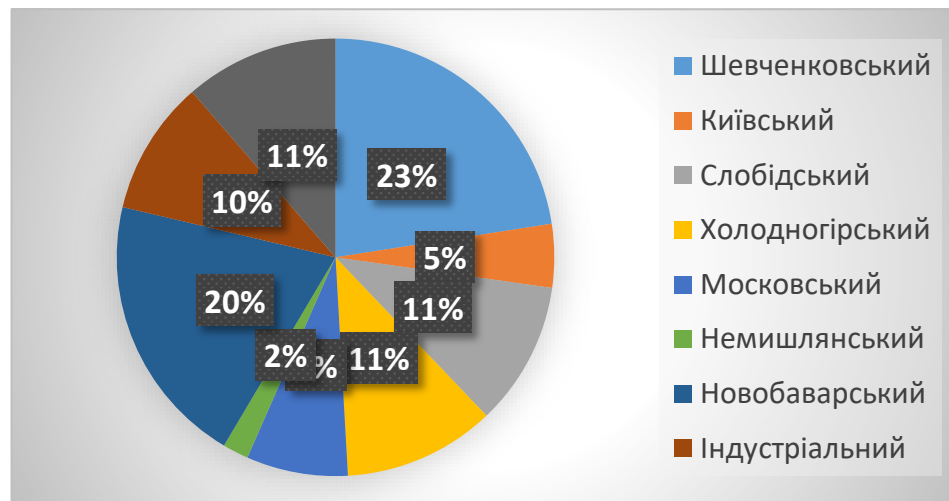


Рис. 3.1. Розподіл наявної зеленої інфраструктури по адміністративним районам міста Харків

Джерело: розроблено автором на основі даних [99].

Бурак О. М. і Мірошніченко О. О. зазначали, що згідно даних Харківської міської ради загальна площа існуючих зелених насаджень м. Харкова становить близько 15,4 га, тобто 44 % від загальної площі міської території, однак при цьому

майже половина всіх зелених насаджень мають значний віковий поріг, тому рівень озеленення Харкова становить не більше 25 % - 30 % при нормативному значенні 45 % [101]. Гришина В. С. [102] зазначала, що більшість зелених зон загального використання м. Харків не відповідають вимогам сталого розвитку, особливо це стосується об'єктів, які за площею не перевищують 10 га.

У м. Харків на даний момент є лише затверджений у 2004 році на період до 2026 року «Генеральний план м. Харків – основні положення» [103]. У 2019 році до нього було додано зміни внаслідок появи нових законодавчих норм [57, 104], проте, ці зміни не стосувались, зокрема, розширення території озеленення.

Повний Генеральний план (далі – ГП) містить 63 шари, проте має також окремо розроблену карту з зелених насаджень (існуючих та проєктованих на той момент), яка має 26 шарів (рис. 3.2).

Відповідно до [57] озеленені території міста поділяють на наступні функціональні зони:

1. озеленені території загального користування – парки, сквери, бульвари, ліси, лісопарки, гідропарк, лугопарки;
2. озеленені території обмеженого користування – насадження на територіях житлових і громадських будинків, шкіл, дитячих закладів, промислових підприємств, спортивних споруд, закладів охорони здоров'я;
3. озеленені території спеціального призначення – насадження вздовж вулиць, автотранспортних та залізничних шляхів, санітарно-захисні зони підприємств.

На практиці структура зелених насаджень у містах України є досить розрізною, через розвиток промисловості, забудови різного функціонального призначення та транспортну мережу.

За містобудівними та функціональними ознаками міські парки поділяються на дві основні групи: багатофункціональні і спеціалізовані (дитячі, спортивні, меморіальні, зоологічні, дендрологічні парки, ботанічні сади.

Але при цьому до об'єктів озеленення не віднесено такі форми озеленення, як зелені дахи, дренажні зони, дощові сади, міські сади, зелені парковки тощо.

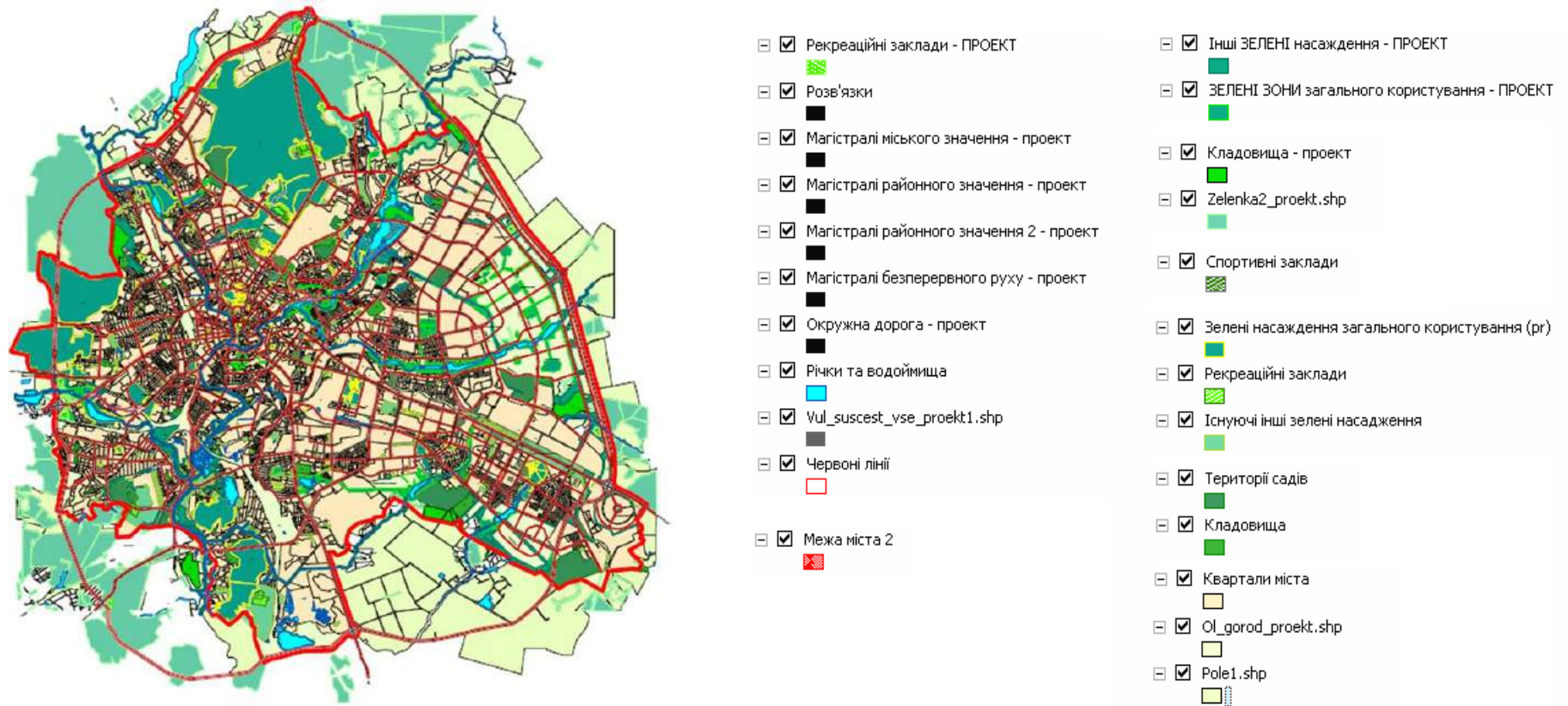


Рис. 3.2. Зелені насадження м. Харків за Генеральним планом 2004 року

Джерело: за [103].

Території озеленення загального користування представляють собою «ядра» зеленої інфраструктури (парки, сквери, сади тощо). Розглянемо об'єкти ЗІ, які можна віднести до «ядер» та «коридорів» загального, спеціального та обмеженого користування за кожним адміністративним районом міста. Окрім того до «ядер» доцільно винести також об'єкти ПЗФ, однак вони мають відповідні обмеження в доступі до них населення [98].

Шевченківський район є одним із центральних районів міста, його площа складає 6200 га, розташований у північній частині міста Харків. Кількість населення складає 229,2 тис. чол. Західна межа району проходить по вододілу річок Лопань та Харків, інша частина району знаходиться на правому березі річки Лопань та представляє собою борову терасу (рис. 3.3).

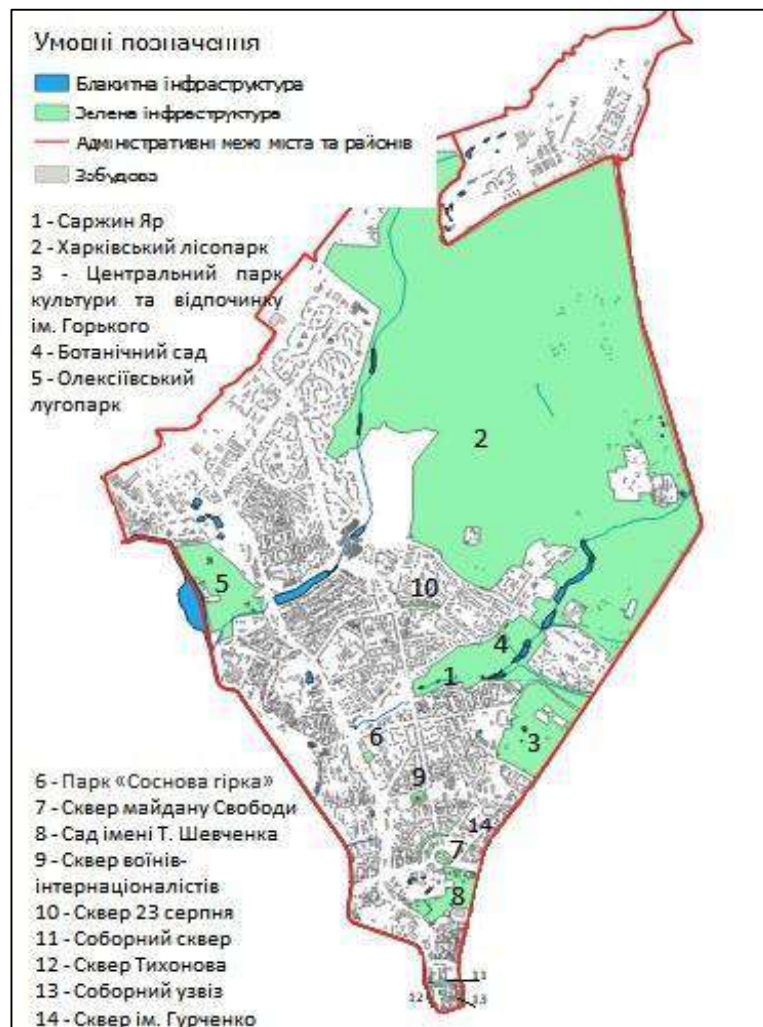


Рис. 3.3. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання Шевченківського району м. Харків

Джерело: розроблено автором.

Загальна площа зелених насаджень загального користування Шевченківського району складає 2231,9 га. Шевченківський район є найбільш озеленим районом міста. Зелена інфраструктура району складає 2231,9 га. Впродовж 2010-2020 рр. на його території реконструювали більшу частину об'єктів зеленої інфраструктури. На території району також є приклади використання таких об'єктів, як зелені дахи (седумний тип), зелені стіни самостійного типу на парканах та будівлях різних типів та зелені парковки. Менші за площею озеленення є острови безпеки вздовж автомобільних доріг. (рис. 3.4) [98].



Рис. 3.4. Приклади об'єктів зеленої інфраструктури Шевченківського району м. Харків: а) зелена стіна по вул. Свободи, б) зелена парковка по вул.

Клочківській, в) озеленені острови безпеки по пр. Науки.

Джерело: зроблено автором.

Важливим елементом ЗІ є Саржин Яр, що представляє собою яружно-балкову ділянку довжиною більше 12 км з пологими схилами. Площа парку складає близько 17 га, та є пам'яткою природи місцевого значення. Проект планувався як альтернатива Центральному парку міста. Межує з Лісопарком і Ботанічним садом і має вихід до Центрального парку, але цей коридор перериває автомобільна дорога (вул. Динамівська). Створено різноманітні зони відпочинку, велостоянку та систему озер. Парк досить різноманітний (рис. 3.5):

- ділянки самосівного газону, які можна використовувати для відпочинку, пікніків тощо;
- елементи садово-паркового мистецтва;
- ділянки штучно засадженого газону;
- перед входом до парку розташована зелена парковка.



Рис. 3.5. Елементи газонного покриття Саржиного яру м. Харків

Джерело: зроблено автором.

Однією особливістю також є облаштування після реконструкції системи різнорівневих озер. Також були використані зелені рішення: глиняне дно та береги з вербових кіл.

Наступний елемент ЗІ району – Центральний парк культури та відпочинку, що був заснований у 1893-1895 роках та відкритий у 1907 році. Реконструйований у 2010-2012 роках. Зараз територія парку поділена на тематичні зони, встановлено більше 30 атракціонів, і створено штучне озеро. Площа парку складає 130 га, зокрема зеленої зони 73,6 га.

Парк ідеально пристосований для великої кількості людей, але лише для прогулянок та використання об'єктів парку, однак зелені зони у всіх зонах недоступні – територія парку вкрита газоном.

Харківський лісопарк – найбільший в Україні, його створено у 1987 р. Його площа становила 2385 га, за офіційними даними в 2009 р. – вже 2060 га (через будівництво в лісопарковій зоні), нині – близько 2050 га.

Основу парку складають два лісові масиви: «Олексіївське» – на землях Данилівського НДІ лісового господарства та «Сокольники-Помірки» на землях «Харківзеленбуду». На сьогоднішній день там проживає понад 50 видів тварин і зростає понад 30 видів рослин, занесених до Міжнародного Червоного списку, Червоної книги України та Червоного списку Харківської області. У межах міста основну частину парку займає Регіональний ландшафтний парк «Сокольники-Помірки». Його площа складає 1104,6 га.

«Сокольники-Помірки» – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення. Її площа 163,1 га, розташована в урочищі лісопаркового господарства. Підпорядкування – СКП «Харківзеленбуд». Входить до Лісопарку.

«Помірки» – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення. Площа 120,4 га. Представляє собою лісову ділянку з насадженнями дуба віком близько 100 років та іншими видами. Також входить до Лісопарку та підпорядковується СКП «Харківзеленбуд».

Головна проблема Лісопарку – це неврегульованість управління ним та відсутність контролю. Окрім, рубок для прокладки дороги та будівництва у 2006 році, зараз також спостерігаються незаконні рубки на території всього парку, вони не великі, але вони є.

Ботанічний сад Каразінського університету – об'єкт природно-заповідного фонду м. Харкова національного значення, найстаріший ботанічний сад України. Загальна площа ботанічного саду 41,9 га. Колекція ботанічного саду включає реліквії, рідкісні види місцевої та світової флори, екзотику. Кількість видів флори понад 2000.

Ці об'єкти складають ядра озеленення Шевченківського району. Головною їх проблемою можна назвати розірваність автотранспортною мережею. Так, на початку 2000-х років було прокладено вул. Динамівську, яка наразі представляє складний перехід для населення від Саржиного яру до Центрального парку, а його з лісопарком відділяє вулиця Динамівська. (рис. 3.6)



Рис. 3.6. Схема перетину автомобільною дорогою Центрального парку та Саржиного яру

Джерело: розроблено автором.

Харківський зоопарк – один з найстаріших зоологічних парків України, входить до природно-заповідного фонду має загальнодержавне значення. З 2016 року на його території продовжується реконструкція. Загальна площа складає 22 га, проте під час реконструкції було побудовано велику кількість будівель для розміщення тварин, що спричинило зменшення зелених зон з трав'янистим покривом та деревостаном. Таким чином, територія зоопарку, яка залишається відкритою складає близько 15 га.

Олексіївський лугопарк розташований на річці Лопань. Протяжність берегової лінії від дамби до дамби з боку станції Сортувальна – 2,08 км, площа зеленої зони – 19,65 га, площа дзеркала води – 21,45 га. У лютому 2022 року міська рада анонсувала його реконструкцію [105].

Ці об'єкти зеленої інфраструктури займають більшу частину території району (2202,15 га). Лісопарк, Саржин яр, Центральний парк знаходяться на вододілі річки Лопань. Рослинні угруповання цих об'єктів представляють собою типову діброву південного лісостепу. Серед основних видів є дуби (*Quercus*) (в т.ч. старовікові), клени гостролисті і сріблясті (*Acer platanoides*, *Acer saccharinum*), сосни (*Pinus sylvestris*), ялини (*Picea abies*), берези (*Bétula*), ліщини (*Corylus avellana*), липи (*Tilia*), у пониззі річок Олексіївка і Саржинка (ліві притоки р. Лопань) характерна болотяна рослинність. На території лісопарку в межах РЛП «Сокольники-Помірки», окрім основних видів, представлені види, занесені до Червоної книги України: *N. nidus-avis*, *Listera cordata*, *Epipactis helleborine*, *Platanthera bifolia*, *Tulipa quercetorum*, *Allium ursinum*, а також угруповання первоцвітів. Декоративні види висаджують переважно на території Центрального парку. Серед них: *Ginkgo biloba*, *Prunus serrulata*, *Metasequoia*, *Pseudotsuga*, *Magnolia soulangeana* та *Magnolia soulangeana Alba*. Серед однорічних рослин для оформлення ландшафтних композицій використовують *Tulipa*, *Narcissus*, *Chrysanthemum*, *Begonia* та багато інших.

Далі розглянемо об'єкти ЗІ, площа яких не перевищує 10 га. До таких об'єктів відносяться невеликі парки та сквери.

Парк «Соснова гірка» за даними Міської ради (перелік 2004 року) має площу 1,4393 га. Представляє собою ділянку хвойної рослинності (*Pinus sylvestris*), на правому березі річки Лопань.

Сквер площі Свободи, площею 3 га. Після реконструкції центральною композицією скверу став сухий фонтан, на місті якого раніше були розташовані клумби, що свідчить про використання «сірих» рішень в міському управлінні.

Сад імені Т. Шевченка був створений у 1804-1805 роках як університетський сад за ініціативи В. Н. Каразіна. Розбивка саду проводилася в природному дубовому гаю, що існував на околиці міста. З того часу на кількох алеях парку збереглися дуби, які зараз є пам'ятками природи. Зонально парк поділено на дві тераси, де верхню віддали під парк в англійському стилі, а нижню віддали Ботанічному саду. Варто зазначити, що в цій частині ботанічного саду зростало до 40 видів нетипових для Харкова рослин, частина з яких зростала у відкритому ґрунті: деякі сорти модрини, кедра, кипарисів та дрібних чагарників. Сад Шевченка є ботанічною пам'яткою природи місцевого значення, об'єктом природно-заповідного фонду, що охороняється СКП «Харківзеленбуд». Площа Саду імені Т. Шевченка становить 0,75 га. У 2020-х роках було проведено його реконструкцію, була засипана балка, а на її місці створили систему штучних озер.

Соборний сквер має велике історико-культурне значення, оскільки там проходила одна з перших вулиць від Харківської фортеці до річки Лопань. Наразі через Соборний узвіз пролягає зелена зона, де розташований військовий меморіал. У західній частині через пл. Сергіївську та вул. Клочківську розташований сквер Тихонова, та початок скверу Стрілка. Ці ділянки мають загальну площу 2,1 га.

Дерева Гінкго – ботанічні пам'ятки природи місцевого значення. Розташовані на площі 0,1 га, у кількості 3 одиниць в урочищі «Сокольники». Керівна організація ТОВ АПО «Шовковичне».

Також на території району розташовані: сквер Воїнів-інтернаціоналістів (2,6 га), сквер 23 серпня (2 га), сквер Незалежності (2 га).

Холодногірський район у північній частині межує з Шевченківським, по лінії розташування Олексіївського лугопарку. Площа району складає 3540 га, кількість

населення за даними міської ради – 82,5 тис. осіб. Північно-західна частина району знаходиться у заплаві річки Лопань. Загальна площа зелених насаджень загального користування Холодногірського району складає 1005,4 га (рис. 3.7).

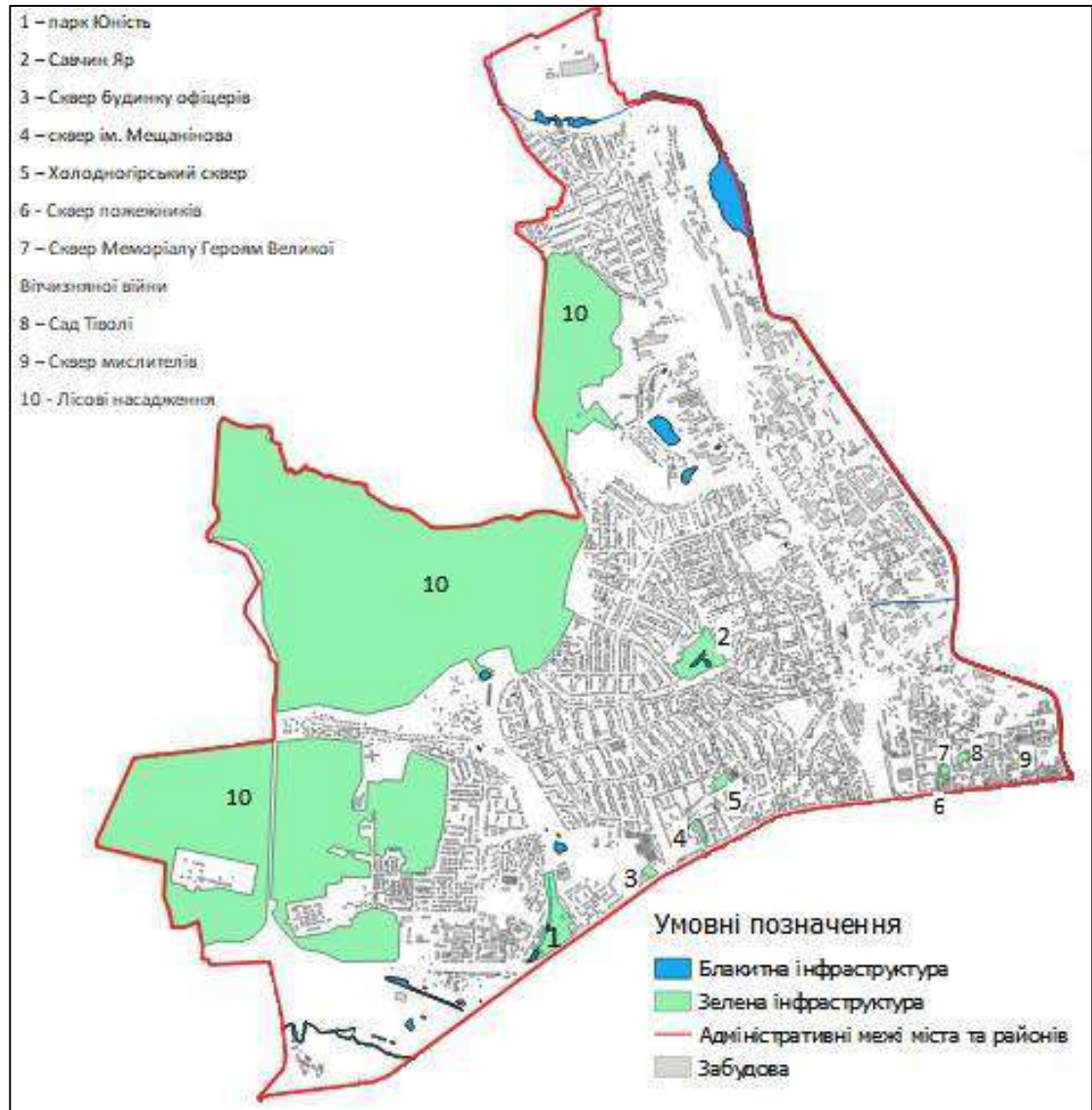


Рис. 3.7. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання Холодногірського району м. Харків

Джерело: розроблено автором.

Основним зеленим ядром району є парк Юність. Парк було засновано у 1978 році. Протягом 2012-2013 рр. було проведено роботи з благоустрою. До офіційної реконструкції міською радою у 2021 році, парком опікувалися волонтери та громадські діячі [106, 107].

Савчин Яр оточений переважно приватною малоповерховою забудовою, має зелену зону та водний об'єкт. У 2015 році було запропоновано проєкт з його реконструкції, проте його так і не було реалізовано.

У північній та північно західній частинах району розташовані лісові насадження, які представляють собою залишки бору з природним травостаном і чагарниковою рослинністю. Основне рослинне угруповання сосняк дубово-різнотравний (*Querceto-Pinetum herbosum*).

Також на території району розташовані невеликі сквери: сквер імені Мещанінова (0,9210 га), сквер біля будинку офіцерів (1,0 га), сквер Добродецького (0,7 га.), сквер Пожежників (1 га), сквер Мислителів (0,5 га) раніше на території скверу знаходились заболочені ділянки, які потім осушили, Холодногірський сквер (2,0 га). Сад Тіволі (0,8) га має велику історію починаючи з 19 ст., створений на території садиби, якою володіли харківські заможні купці. У роки радянської влади площа саду зменшилася.

Залютинська – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення. Площа складає 3 га, підпорядковується АТЗТ «ЗЕМВ-1». Представляє собою частину заплави річки Уди з лучною та водно-болотною рослинністю.

Новобаварський район. Площа району складає 3470 га, населення 111,6 тис. чол. З заходу на схід район перетинає річка Уди. Лівобережжя або ж північна частина району, представляє собою пологу рівнинну ділянку. Правобережна частина представляє собою яружно-балкову систему. Зелена інфраструктура представлена об'єктами природно-заповідного фонду, парками і скверами, водоохоронними зонами. Частиною району проходить Удянський екокоридор місцевого значення.

Загальна площа зелених насаджень загального користування Новобаварського району складає 169,4 га (рис. 3.8).

Григорівський бір – лісовий заказник місцевого значення. Об'єкт ПЗФ. Площа складає 76 га. Підпорядковується СКП «Харківзеленбуд». Представляє собою ділянку штучного висадженого лісу на заплаві річки Уди. Рослинність представлена соснами (*Pinus sylvestris*), віком 70-90 років.

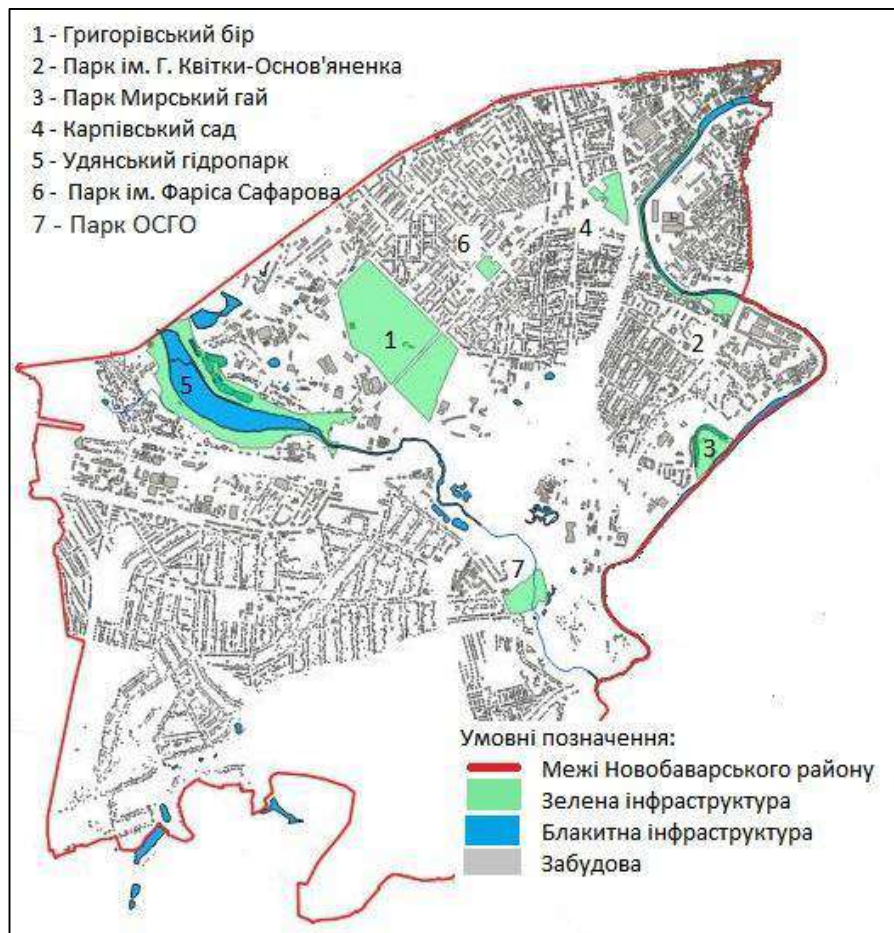


Рис. 3.8. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання Новобаварського району м. Харків

Джерело: розроблено автором.

Удянський гідропарк має площу близько 54 га, починається від Гуківського мосту і закінчується дамбою. Основна частина рослинного покриву гідропарку представлено вербою (*Salix*), кленами (*Acer platanoides*), соснами (*Pinus sylvestris*), дубами (*Quercus*), тополями (*Populus*) березою повислою (*Betula pendula*), часто зустрічається латаття жовте (*Achillea millefolium*). Парк ОСГО (заплава р. Уди) закладено у кінці 19 ст., площа 10,2 га. Парк Мирський гай розташований на березі річки Лопань, на території парку розташоване озеро, займає площу 10,8 га.

Серед невеликих скверів можна назвати: парк культури і відпочинку імені Г. Квітки-Основ'яненка, закладений у 1770-ті роки (7,1 га), Карпівський сад (8,4 га) це парк-стадіон заводу «Світло Шахтаря», його було передано місту у 1867 році, парк ім. Фаріса Сафарова (2,9 га).

Основ'янський район розташований на південному заході міста. Західна межа району проходить по річці Лопань, також територією району протікає мала річка Сухий Жихор. Площа району складає 4599 га, кількість населення складає 94000 чол. Зелена інфраструктура представлена об'єктами природно-заповідного фонду, парками, скверами, водоохоронними зонами.

Загальна площа зелених насаджень загального користування Основ'янського району складає 597,5 га (рис. 3.9).

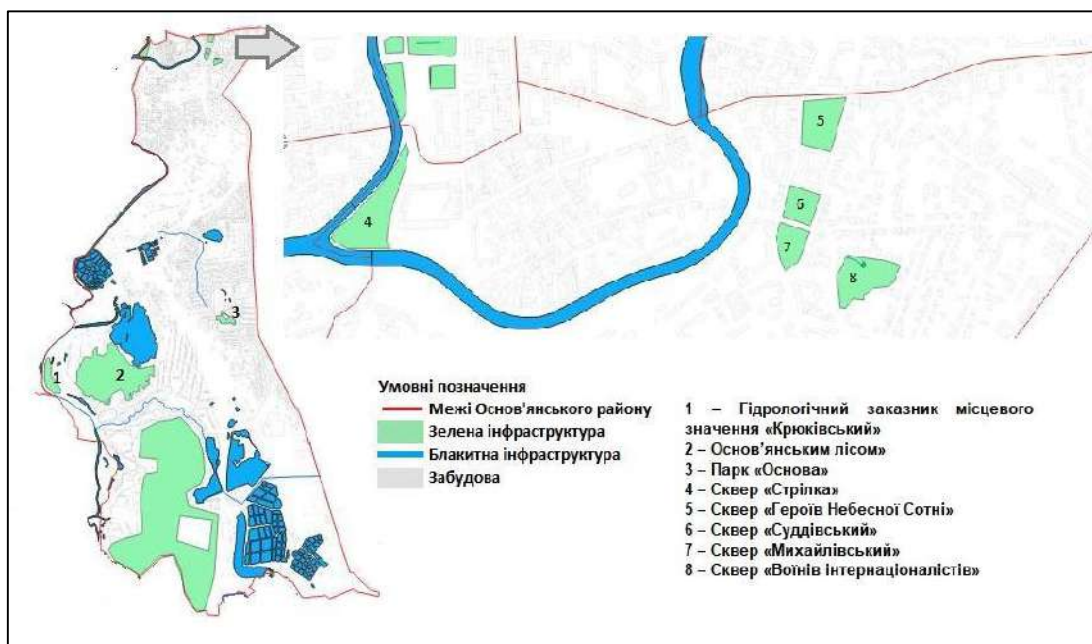


Рис. 3.9. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання Основ'янського району м. Харків

Джерело: розроблено автором

Крюківський заказник – гідрологічний заказник місцевого значення. Площа 39,3 га. Підпорядковується Харківській міській раді. Територія цінна зникаючими середовищами існування рослин, які за Бернською конвенцією підлягають охороні. Під охороною знаходяться заплавні вербові та вільхові ліси, луки та субаквальна рослинність. Крюківський заказник входить до Удянського екологічного коридору.

Також на території району розташовані лісові масиви – Основ'янський ліс (126,6 га) та Ващенків бір (416 га). Ці об'єкти представляють собою ділянки природної та штучно зміненої рослинності. Основною породою є сосна звичайна (*Pinus sylvestris*).

Невеликі сквери і міські парки району: Сквер Стрілка знаходиться у районі злиття річки Харків та Лопань (2,9 га), сквер Воїнів інтернаціоналістів (2,0 га), Михайлівський сквер (1,0 га), Червоношкільний сквер (0,3 га), сквер Героїв Небесної Сотні (1,8 га), сквер Суддівський (1 га), парк Основа (6,6 га).

Озеро Кар'єр, в яке впадає річка Сухий Жихор населення використовує для відпочинку. Проте його прибережна територія не впорядкована для потреб рекреації.

Слобідський район розташований у південній частині міста. Площа району складає 2430 га. Населення району 146850 осіб. Район розташований на вододілі річок Лопань та Жихорець (рис. 3.10).

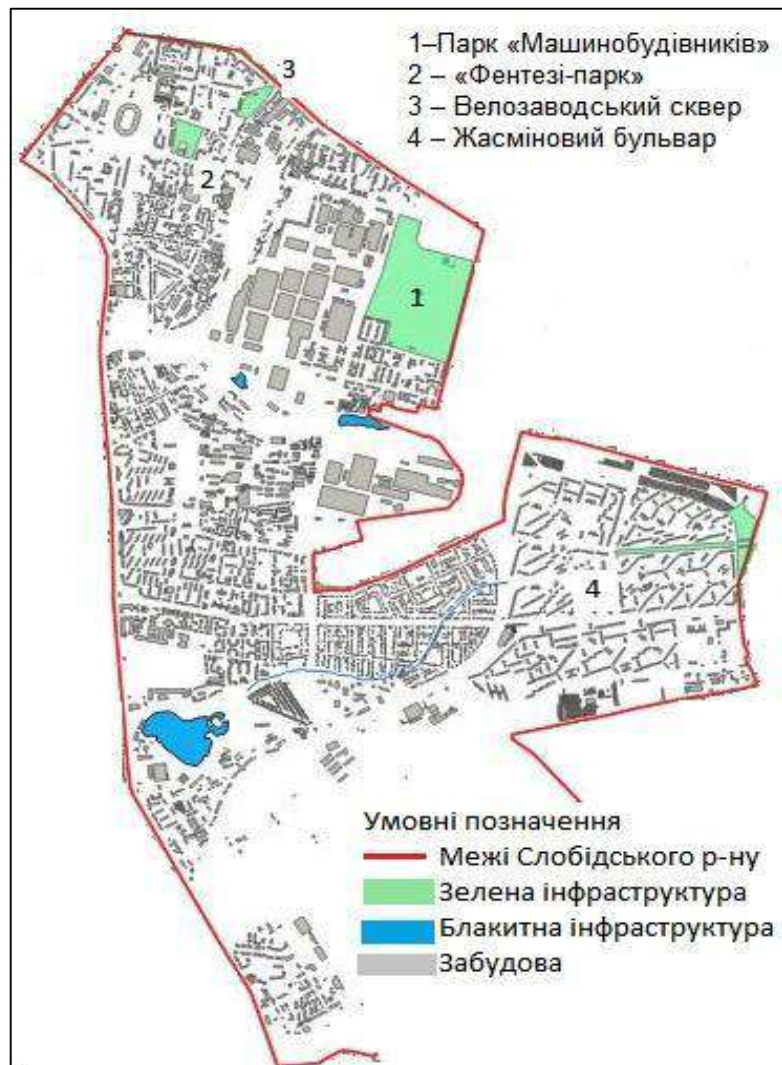


Рис. 3.10. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання

Слобідського району м. Харків

Джерело: розроблено автором.

Зелена інфраструктура представлена головним парком району – Машинобудівників, а також скверами, зеленими насадженнями обмеженого користування (на території установ та організацій) та зеленими насадженнями спеціального користування (озеленені трамвайні колії, санітарно-захисні зони підприємств, лінійні захисні насадження). Крім того також є ділянки облаштування зелених парковок. Загальна площа зелених насаджень загального користування Слобідського району складає 79,6 га

Парк Машинобудівників був закладений у першій половині 20 ст., нині площа парку складає близько 68,3 га. Парк межує з промисловими підприємствами та ТЕЦ. Довгий час знаходився у занедбаному стані, роботи з благоустрою почали проводити у 2019 році. Проте саме відсутність будь-яких робіт зробили цю територію більше схожою на ліс, ніж на парк. Однією з проблем парку є забудова у його північній частині, площею близько 10 га (рис. 3.11).



Рис. 3.11 Забудова частини парку Машинобудівників м. Харків

Джерело: розроблено автором

Серед основних видів, які зустрічаються на території парку тополя (*Populus*), гледичія триколючкова (*Gleditsia triacanthos*), айва звичайна (*Cydonia oblonga*), глід (*Crataegus laevigata*), ялина (*Picea abies*), дуб звичайний і червоний (*Quercus robur*, *Quercus rubra*). Трав'янистий покрив та чагарникова рослинність мають природній вигляд. Серед них можна виділити: дикий виноград (*Parthenocissus inserta*), чистотіл звичайний (*Chelidonium majus*), бруслина європейська (*Euonymus europaeus*), хрінниця крупковидна (*Lepidium draba*).

Велозаводський сквер розташований поряд з житловими масивами та промисловою зоною у минулому – зараз територія активно забудовується житловими будинками. Площа скверу складає 3,4 га.

Фентезі парк – парк-виставка під відкритим небом, який відкрили у 2021 році на місці старого скверу. Недоліком є повне закриття території парку з метою охорони виставкових об'єктів.

Бульвар Жасміновий представляє собою широку алею, по обидві сторони якої розміщена проїзна частина та житлові будинки. Бульвар з'явився у 60-ті роки 20 ст. під час забудови мікрорайонів. У західній частині межує через автомобільну дорогу з територією парку Зустріч.

Немишлянський район розташований на півдні міста. Територією району протікає річка Немишля. Площа складає 3107 га, кількість населення 146300 чол. Зелена інфраструктура Немишлянського району представлена парками, скверами, озелененими бульварами. Також на території району є приклади використання зелених парковок. Насадження спеціального використання представлені озелененням трамвайних колій, лінійних захисних насаджень та водоохоронних зон (р. Немишля).

Загальна площа зелених насаджень загального користування Немишлянського району складає 32,1 га (рис. 3.12).

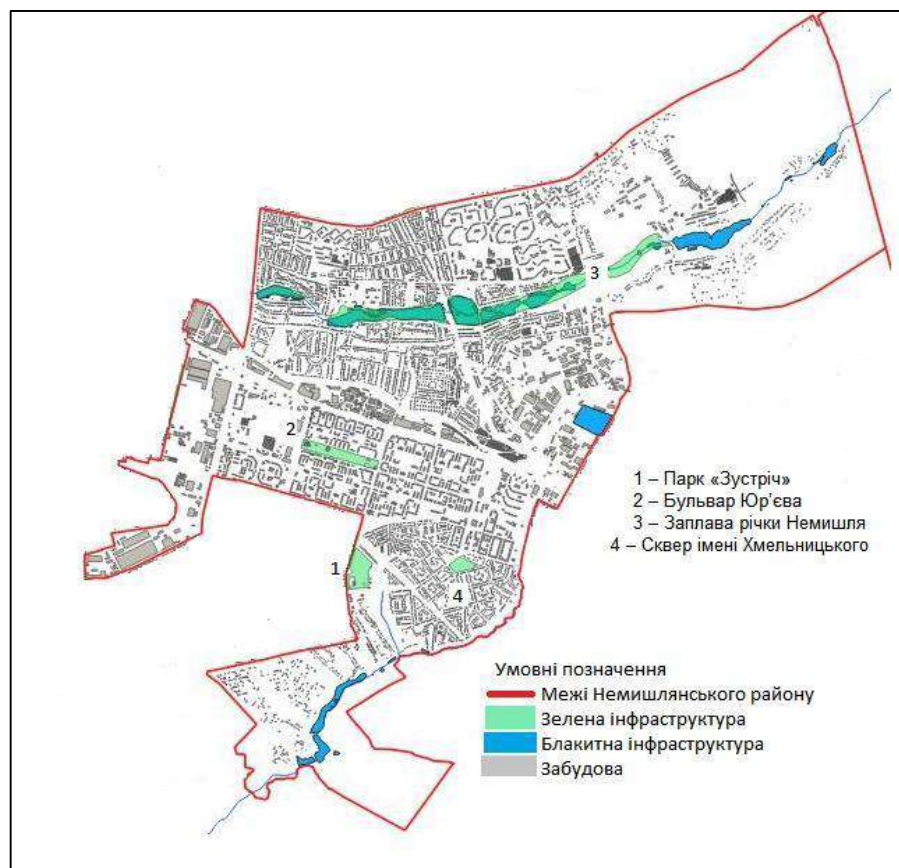


Рис. 3.12. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання
 Немишлянського району м. Харків

Джерело: розроблено автором

Парк Зустріч було закладено у 70-ті роки. На початку 2000-х частину парку було надано під забудову. Зараз реконструкції парку не проводилось, хоча з 2018 року місцеве населення подавало петиції до міськради [108]. Ще однією проблемою парку можна вважати те що його територія розділена автомагістраллю у чотири полоси, та тролейбусним колом. Естетичну цінність парку також зменшує проходження через нього високовольтної ЛЕП. Нині площа парку складає 16,6 га. Серед основних видів наявні клен (*Acer platanoides*), липа (*Tilia*), тополя (*Populus*), ялини (*Picea abies*), берези (*Betula*), дуби (*Quercus*).

Окремо варто виділити зону прибережні ландшафти річки Немишля, яка протікає частиною району. В межах міста довжина річки складає близько 13 км. На річці розташовано два руслових водосховища – Краснополянське та Петренківське. Площа впорядкованої зони відпочинку близько 3 га. На території заплави

характерна лучна рослинність, з основних видів найбільшу частину займає очерет (*Phragmites*). У 2021 році волонтери планували розчищення русла та облаштування байдаркового маршруту [109].

Бульвар Юр'єва – озеленена рекреаційна зона. Серед основних порід зустрічається клен (*Acer platanoides*), липа (*Tilia*), тополя (*Populus*) та ін.

Індустріальний район розташований на сході міста (рис. 3.13). Площа району складає 3340 га, кількість населення 153800 чол. Найбільший промисловий район міста.

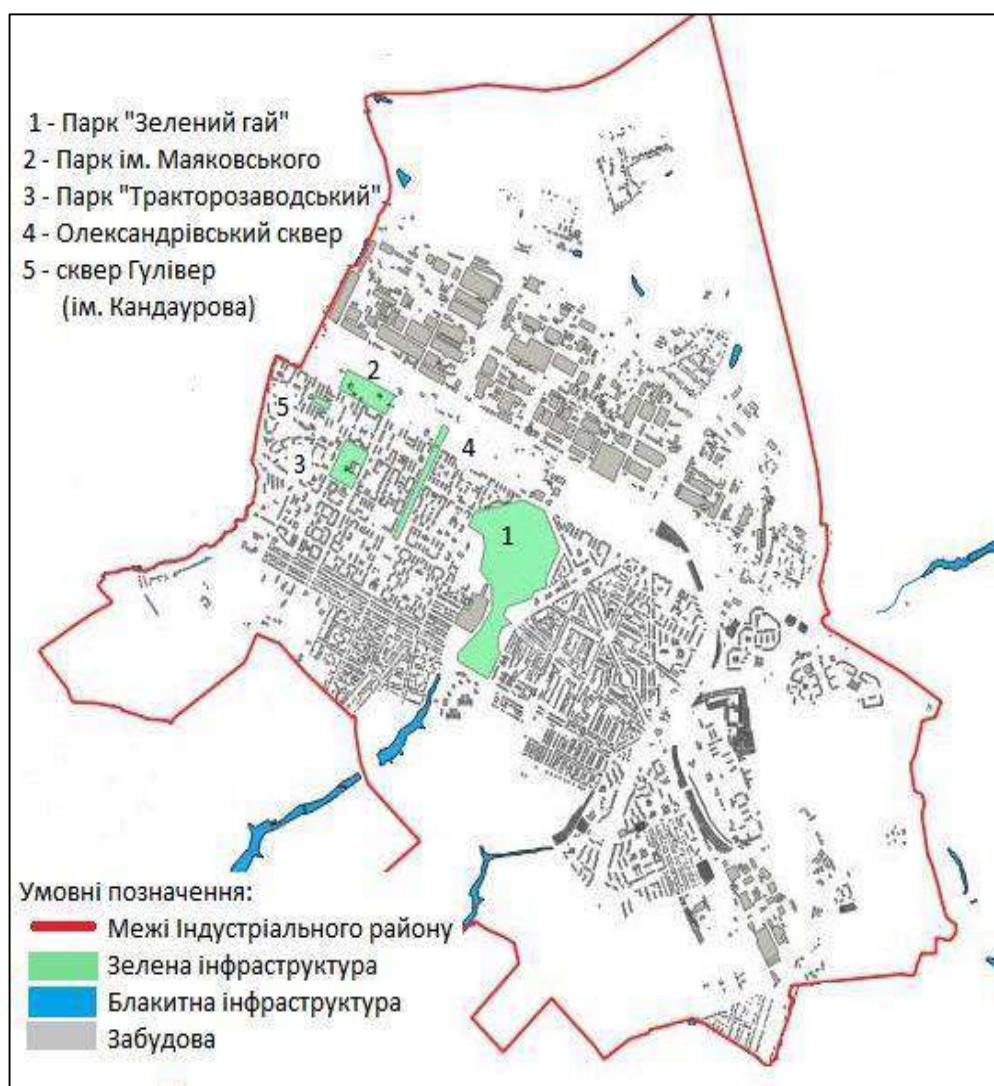


Рис. 3.13. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання Індустріального району м. Харків

Джерело: розроблено автором

Зелена інфраструктура району представлена головним парком Зелений гай, а також невеликими скверами та озелененими проспектами. Окремо варто виділити зелені насадження спеціального користування – вони представлені великою санітарно-захисною зоною вздовж проспекту Героїв Харкова, яка відділяє промислову та житлову забудови; також до них можна віднести захисні лінійні насадження вздовж автотранспортних шляхів та озеленення трамвайних колій. Загальна площа зелених насаджень загального користування Індустріального району складає 75,1 га. Зелений Гай – великий парк в Індустріальному районі міста. Створений у 50-ті роки 20-го сторіччя. Має площу 47 га [110]. З 2001 по 2011 рік парк існував як окреме комунальне підприємство. Після цього Міською радою було прийнято створення «Об'єднання парків культури та відпочинку міста Харкова», метою якого було підвищити якість управління міськими парками [111]. До 2018 року на його території були атракціони, проте через їх зношений стан їх демонтували, і у 2019 році поступово почалась реконструкція парку. Також активісти запропонувати розчистити джерело та створити озеро на території парку. Особливістю парку для місцевого населення є те, що він нагадує лісовий ландшафт, проте класична реконструкція парку, яку проводять у всіх міських парках може це змінити. Ще однією проблемою парку є те, що у період його занепаду ділянки парку було продано під забудову. Загалом за своєю історією та сучасним станом Зелений Гай схожий на парк Машинобудівників. Серед домінуючих видів угруповання клена гостролистого (*Acer platanoides*), липи дрібнолистої (*Tilia cordata*), робінії (*Robinia pseudoacacia*), тополі (*Populus*), ялини (*Picea abies*), берези (*Betula*), гіркокаштану звичайного (*Aesculus hippocastanum*).

Загалом такий породний склад є характерним для всіх зелених зон Індустріального району.

Парк «Тракторозаводський» довгий час представляв собою зелену зону Будинку культури ХТЗ, та знаходився у власності тракторного заводу, проте з 2010 року міська рада працювала над тим, щоб вивести цю зелену зону до комунальної власності з метою її відновлення і створення парку. Площа складає 9,6 га.

Парк ім. В. Маяковського був створений у 30-ті роки. У 60-ті роки там було встановлено атракціони. На початку 2000-х років парк прийшов у занепад. У 2011 році міська рада прийняла рішення розширити парк за рахунок використання озелененої земельної ділянки рекреаційного призначення. Парк став окремим КП [112]. Проте велику зелену зону впродовж часу забудовували, наразі залишилась лише центральна частина парку (рис. 3.14).



Рис. 3.14. Схема розташування парку ім. Маяковського та прилеглої забудови
Джерело: розроблено автором.

Серед об'єктів менших за площею ніж 10 га в Індустріальному районі наявні дві зони, які активно використовуються місцевим населенням для відпочинку – це сквер Гулівер (ім. П. Кандаурова) (1 га) та Олександрівський сквер (6,8 га).

Крім того, в Індустріальному районі розташовані захисні зелені насадження, створені у минулому сторіччі, які огорожували житлові масиви від промислової зони, з метою захисту населення від викидів забруднюючих речовин [113].

Салтівський район розташований на північному сході міста. Площа району складає 3161 га, кількість населення 304,8 тис.осіб. До 2022 року був найбільш густозаселеним районом міста. Територією району частково протікає річка Немишля та річка Харків. На території району зелена інфраструктура представлена парками і невеликим скверами, зеленими насадженнями обмеженого користування, як, наприклад зелені насадження на території шкіл та лікарень, а

також озелененими зонами джерел води. Окрім того на території району представлено об'єкти ЗІ спеціального використання – лінійні захисні насадження вздовж транспортних шляхів, частково озеленені трамвайні колії, водоохоронні зони. Загальна площа зелених насаджень загального користування Салтівського району складає 84,9 га (рис. 3.15).

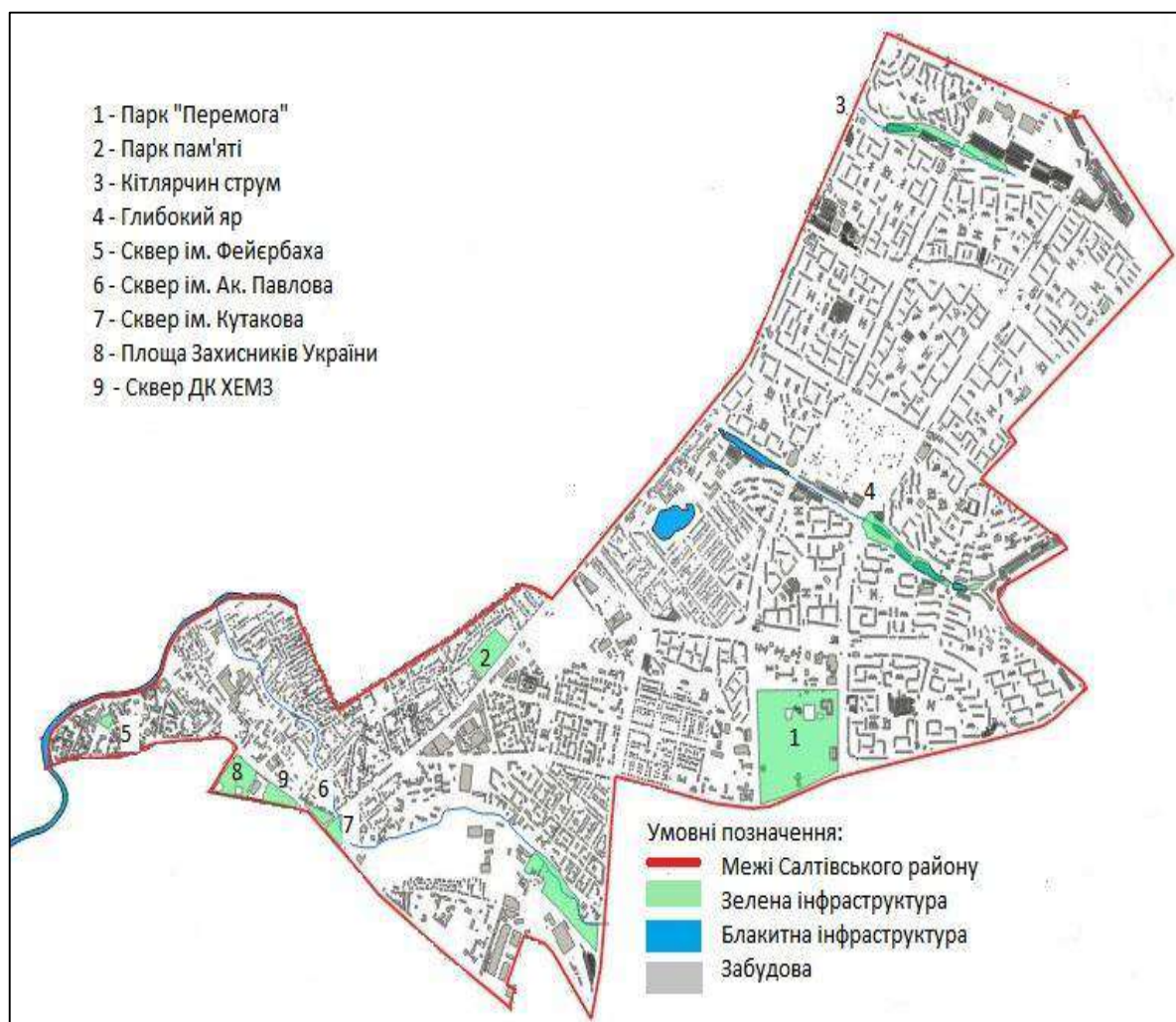


Рис. 3.15. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання Салтівського району м. Харків

Джерело: розроблено автором

Внаслідок повномасштабного вторгнення вважається одним з найбільш постраждалих районів міста. У 2022 році міська влада неодноразово наголошувала на необхідності відновлення Салтівського району.

Парк культури і відпочинку Перемога створений у 1980-ті роки. Площа парку близько 45 га. У 2020 році його реконструювали. Однак частина парку все ще

залишається у старому стані. Це дає змогу надати пропозиції щодо створення інших об'єктів зеленої інфраструктури на території парку. Це може бути: міський сад, ділянки різнотрав'я. Основними породами парку є липа дрібнолиста (*Tilia cordata*), клен гостролистий (*Acer platanoides*), тополя (*Populus*), береза повисла (*Betula pendula*), дуб черешчатий (*Quercus robur*), гіркокаштан (*Aesculus*), ялина європейська (*Picea abies*).

Площа Захисників України та сквер за будинком культури ХЕМЗ представляють собою комплекс озелених територій, загальною площею 12,4 га.

Серед невеликих об'єктів району представлені: парк Пам'яті (6,3 га), який має велике історико-культурне значення, йому надано статус меморіального парку, сквер Фейєрбаха (0,7 га), сквер ім. ак. Павлова (1,5 га), сквер Кутакова (2,3 га).

Блакитна інфраструктура представлена озером Кірова, у південній частині району також проходить заплава річки Немишля.

Північна частина міста представляє собою яружно-балкову місцевість. Там розташовано Кітлярчин струм, Глибокий яр з озеленими ділянками.

Київський район розташований на півночі міста. Площа району складає 4620 га, кількість населення складає 182900 чол. Територією району протікає річка Харків, на якій утворено Журавлівське водосховище. Внаслідок повномасштабного вторгнення зазнав значних руйнувань. Зелена інфраструктура представлена об'єктами природно-заповідного фонду, парками, скверами, водоохоронними зонами.

Загальна площа зелених насаджень загального користування Київського району складає 236,65 га (рис. 3.16).

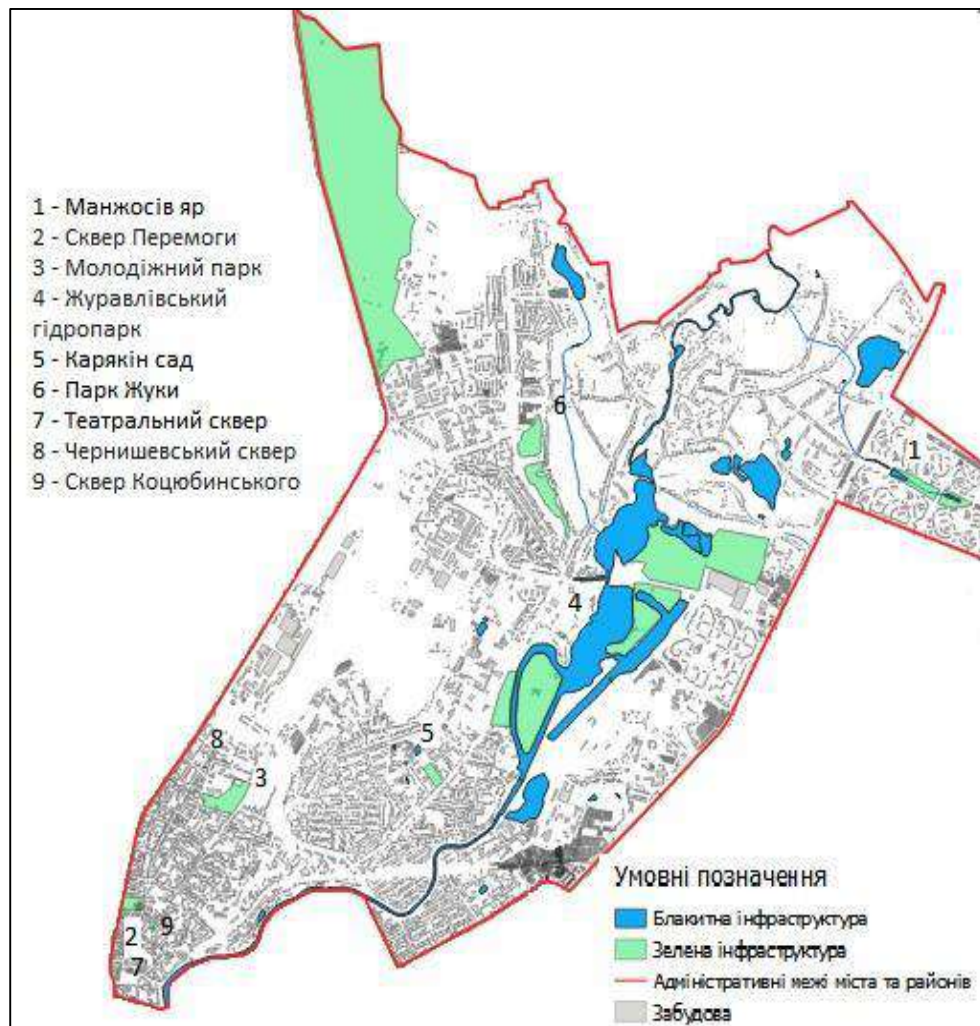


Рис. 3.16. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання Київського району м. Харків

Джерело: розроблено автором

На території району розташовано декілька об'єктів природно-заповідного фонду України. Салтівський заказник був створений у 2001 році, як гідрологічний заказник місцевого значення. Ці території представляють собою водно-болотні угіддя. Площа заказника складала 12 га [114]. Проте, у 2005 році ці території було виведено із ПЗФ, через втрату природоохоронної цінності і більшу частину заказника було передано концерту «АВЕК» для розбудови ринку. На сучасному етапі збереглася лише невелика ділянка.

Інститутська це ботанічна пам'ятка природи місцевого значення. Розташована по вул. Пушкінській. Площа складає 0,35 га. Підпорядковується УкрНДЛІГА ім. Г. М. Висоцького. Охороняються 15 дерев екзотів.

Пушкінська – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення. Площа 0,2 га. Охороняються дуби віком більше 100 та 200 років.

Навколо будинку вчених розміщується сад – пам'ятка природи. Оскільки сам будинок було побудовано у 1867 році, на території саду є 200-літній дуб.

Чорноглазівська – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення. Охороняється три вікових дуба черешчатих. Площа 0,2 га. Підпорядковується ЖЕУ-4. Чорноглазівські дуби – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення. Охороняється два дуби черешчатих віком понад 100 та 200 років. Площа 0,15 га. Підпорядковується Протитубдиспансеру №1.

Найбільшим об'єктом зеленої інфраструктури району можна назвати Журавлівський гідропарк – рекреаційна зона міста Харків. Вниз за течією річки розташована Журавлівська гребля. Площа гідропарку складає 180 га. У 2021 році міська рада анонсувала реконструкцію гідропарку в рамках проекту «Зелений каркас» (рис. 3.17) [115, 116]. На території парку, окрім робіт з благоустрою, планується прокладання велодоріжок.

Парк Жуки представляє ділянку схилів на правобережжі річки Харків. Там розташоване озеро Очерет та річка Очеретянка – права притока річки Харків.



Рис. 3.17. План реконструкції Журавлівського гідропарку

Джерело: за [115, 116]

Молодіжний парк (9,2 га), Карякін сад (2,6 га), Театральний сквер (0,55 га), Чернишевський сквер (0,3 га), сквер Коцюбинського (0,2 га), сквер Гурченко (0,3 га), сквер Перемоги (3 га).

Найбільша частка об'єктів зеленої інфраструктури розташована у Шевченківському районі. Загальна площа зелених насаджень складає 2231,9 га (рис. 3.18).

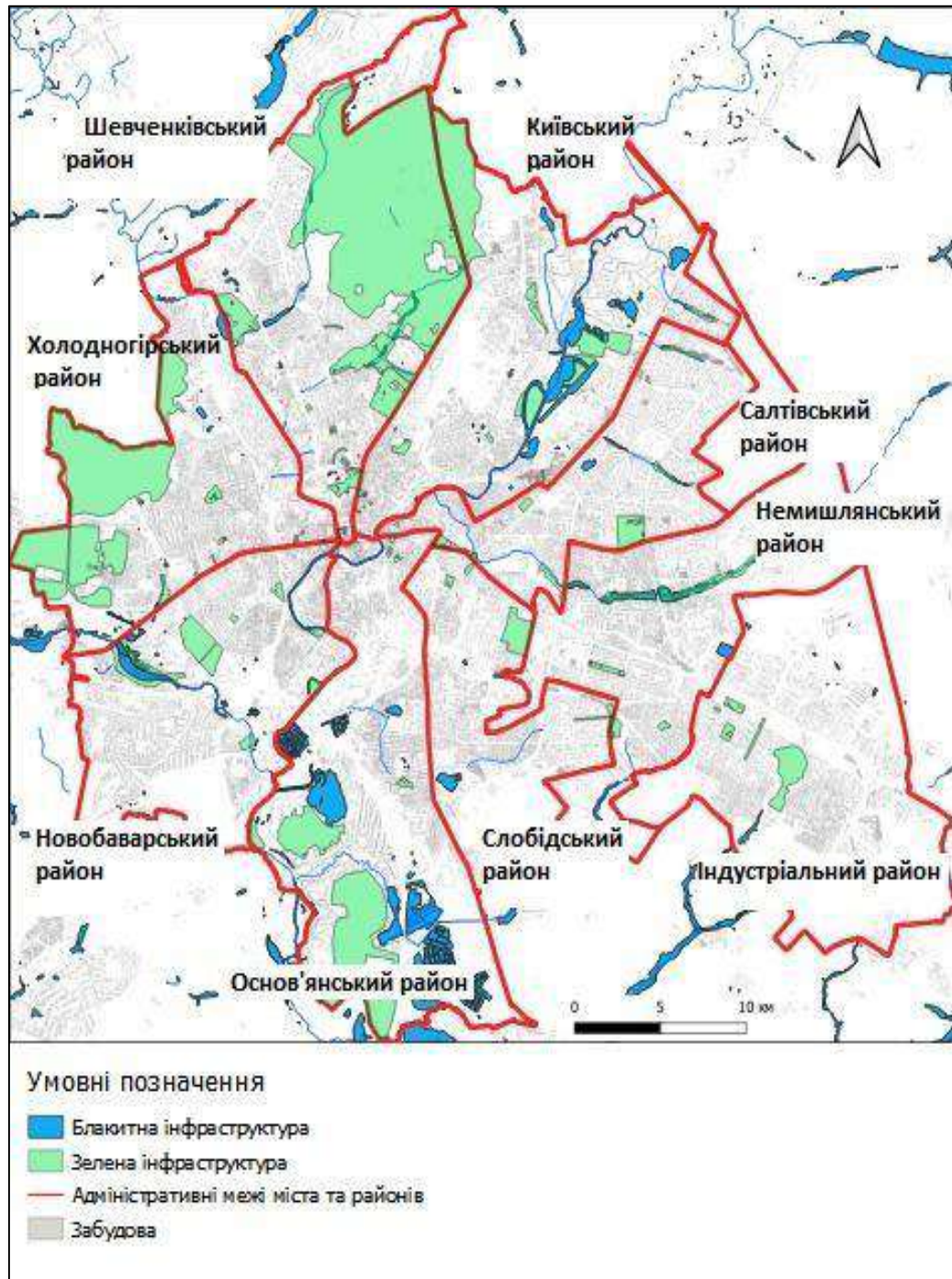


Рис. 3.18. Об'єкти зеленої інфраструктури загального використання м. Харків

Джерело: розроблено автором

Відповідно до проведеного аналізу значну частку об'єктів зеленої інфраструктури міста загального використання було реконструйовано, що має як позитивні так і негативні результати. Міська практика реконструкції, включає проведення робіт з благоустрою, встановлення освітлення та зон відпочинку, що безумовно є позитивним результатом. Серед негативного можна відмітити відсутність нових сучасних рішень з озеленення, які б враховували багатофункціональність об'єктів ЗІ, а не лише їх естетичні якості.

Крім об'єктів зеленої інфраструктури загального призначення важливу частину складає прибудинкове озеленення територій у житлових кварталах. Структура прибудинкового озеленення однорідна для всіх районів міста. Основними породами є клени (*Acer*), липи (*Tilia*), тополі (*Populus*), берези (*Betula*), каштани (*Aesculus hippocastanum*), акації (*Acacia*), дуба (*Quercus*). Наразі актуальним питанням є високий віковий поріг у структурі озеленення міста. Так, висаджені тополі ще у радянські часи, замінюють на павлонію (*Paulownia*), яка є одним із швидкоростучих видів, але при цьому є інвазійним видом. Також старі насадження замінюються декоративними видами, наприклад висаджують сумах (*Rhus typhina*).

Характерною ознакою прибудинкового озеленення також є насадження фруктових дерев – яблуні (*Malus*), вишні (*Prunus cerasus L.*), абрикоси (*Armeniaca vulgaris*), сливи (*Prunus*), груші (*Pyrus*) та інші. Особливістю фруктових посадок є те, що їх висаджують і опікуються самі жителі мікрорайонів. Така ж ситуація із облаштуванням малих ландшафтних композицій, клумб біля будинків, які місцеві жителі створюють самостійно.

3.2. Оцінка реалізації екологічних функції зеленої інфраструктури

3.2.1 Оцінка рівня забезпеченості населення зеленою інфраструктурою, ступеня озеленення

Оцінка забезпечення міського населення Харкова зеленою інфраструктурою загального користування проводила за формулою 2.1. При кількості населення у 1 421 125 осіб [117] та сумарною площею об'єктів зеленої інфраструктури загального користування (додаток В) у розрахунку на одну особу площа зелених зон складає 20,58 м²/особу.

При цьому за кожним районом міста спостерігається нерівномірність у розподілі об'єктів зеленої інфраструктури загального користування (табл. 3.2)

Таблиця 3.2

Ступінь озеленення та оцінка забезпеченості зеленою інфраструктурою загального користування за адміністративними районами м. Харків

Назва адміністративного району	Площа району, га	Площа зелених насаджень, га	Ступінь озеленення адміністративних районів м. Харків, %	Забезпечення міського населення насадженнями загального користування, м ² /особу	Кількість населення, осіб
Шевченківський	6200	2231,9	36,00	95,79	233000
Холодногірський	3540	1005,4	28,40	12,19	825000
Новобаварський	3470	169,4	4,88	15,17	111687
Основ'янський	4599	597,5	12,99	63,56	94000
Слобідський	2430	79,6	3,28	5,42	146850
Немишлянський	3107	32,1	1,03	2,28	140900
Індустріальний	3340	75,1	2,25	4,88	153800
Салтівський	3161	84,9	2,69	2,79	304800
Київський	4620	236,65	5,12	12,99	182199

Джерело: розроблено автором

З отриманих даних інвентаризації зеленої інфраструктури загального використання можна зробити висновок, що найвищий ступінь озеленення має Шевченківський район міста (рис. 3.19). Як центральний район міста він найбільше

озеленений в порівнянні з іншими адміністративними районами міста. Крім того, вагомий внесок за загального ступеня озеленення вносить наявність на території району регіонального ландшафтного парку «Сокольники-Помірки».

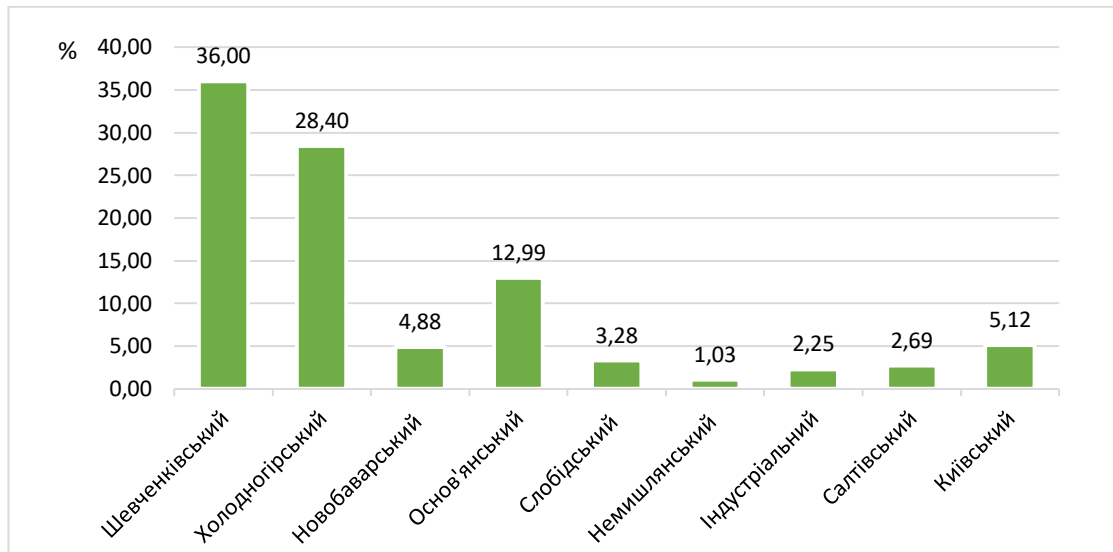


Рис. 3.19. Ступінь озеленення адміністративних районів м. Харків, %

Джерело: розроблено автором

На забезпечення міського населення насадженнями загального користування впливає як кількість об'єктів зеленої інфраструктури, так і кількість населення кожного району. Найвищий рівень забезпечення міського населення зеленими насадженнями має також Шевченківський район (рис. 3.20).

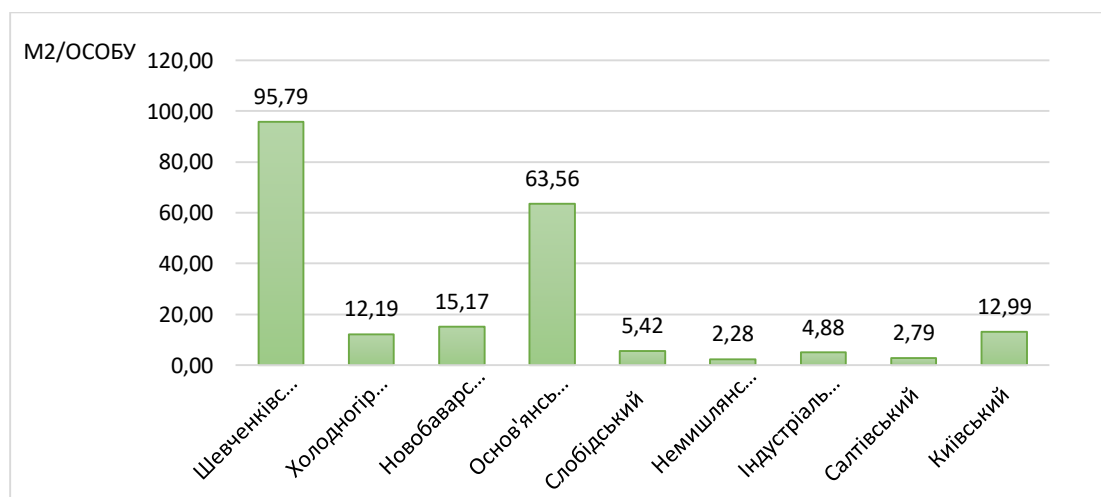


Рис. 3.20. Забезпечення міського населення насадженнями загального користування, м²/особу.

Джерело: розроблено автором

Низький ступінь озеленення та забезпечення міського населення зеленою інфраструктурою спостерігається в Салтівському, Слобідському, Немишлянському та Індустріальному районах. Однак саме вказані райони міста мають статус «спальних» районів, де проживає значна кількість людей. Для забезпечення соціальних функцій у цих районах недостатня кількість об'єктів зеленої інфраструктури загального користування. На території цих районів розташована велика кількість промислових підприємств, як працюючих, так і занедбаних. Реновація промислових ландшафтів з використанням об'єктів зеленої інфраструктури це можливий напрямок з розширення зелених зон загального користування.

3.2.2 Оцінка реалізації шумозахисної функції зеленої інфраструктури

Рівень шуму є важливим аспектом навколишнього середовища і може знижувати якість глобальних екосистем і добробут людей. Джерелами акустичного шуму є різні коливання в твердому, рідкому та газоподібному середовищі. Шумове забруднення не менш небезпечне, ніж хімічне. Тому при створенні стратегії розвитку міста, плану розвитку міста тощо необхідно враховувати можливість зниження рівня шуму. Одним із варіантів зменшення шумового забруднення є розвиток зеленої інфраструктури в містах [87].

Для зниження надмірного шуму, збереження акустично ефективних територій міста, забезпечення умов для відпочинку та здоров'я людей необхідно розробити спеціальні заходи та впровадити технології, що зменшують шум.

Традиційними способами зниження шуму є законодавчі, будівельно-планувальні, організаційні, техніко-технологічні, проектні та профілактичні заходи. Для зниження шуму в містах оцінюються заходи з боротьби з шумом: 1) зниження швидкості, 2) заміна тротуарів, 3) зменшення потоку великовагового транспорту, 4) і всі заходи разом [42].

Акустичне навантаження – це вплив на людину шуму, це сукупність звуків різної частоти та інтенсивності, що виникають внаслідок природних і технічних факторів [87].

Акустичне навантаження є параметром шумового забруднення і дозволяє формувати екологічні вимоги до побудови промислової інфраструктури навколишнього середовища з урахуванням комфортного та безпечного перебування в ньому людини [118]. Акустичне навантаження проявляється у підвищенні рівня шуму над природним фоном, де природні звуки, які сприятливо впливають на людину, все більше перекриваються антропогенними, переривчастими, зі значною інтенсивністю шумами, що негативно впливають на здоров'я людини та стан біотичних та абіотичних компонентів в межах міської екосистеми.

Ряд досліджень ілюструють вплив шуму на навколишнє середовище та здоров'я людей: за допомогою анкетування людей. Першим кроком для регулювання рівня шуму є порівняння експериментальних даних (виміряного шуму) та законодавчих нормативних. Багаторічні дослідження впливу шуму на здоров'я людини дозволяють говорити про позитивну роль зелених насаджень у зниженні рівня шуму [87].

Територіальна організація міського ландшафту в пострадянських містах, таких як Харків, є досить складною і має ознаки стихійного формування [39].

Зелена інфраструктура майже не мала захисної функції, за винятком зелених насаджень у санітарно-захисній зоні [87].

Протягом останніх десятиліть рівень акустичного забруднення внаслідок дії автотранспорту стрімко зростає, поряд із забрудненням навколишнього середовища шкідливими токсичними речовинами. Це пов'язано з постійним зростанням інтенсивності дорожнього руху, загальним збільшенням потужності двигунів автомобілів, збільшенням швидкості і розширенням доріг. Шум – це форма фізичного забруднення навколишнього середовища, а автомобільний шум – це перевищення природних рівнів шуму, викликане роботою двигунів, коліс, гальм та аеродинамічними властивостями транспортного засобу.

В якості експериментального району було обрано Салтівський район міста Харкова. Салтівський район займає площу 3161 га, населення понад 304,8 тис. осіб (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Територія Салтівського району м. Харків

Джерело: розроблено автором

В районі функціонує 35 великих і середніх промислових підприємств. Тут також проходять основні магістралі міста. Територіальна громада Салтівського району налічує 1109 будинків та 5064 приватних домоволодінь. Загальна площа зелених зон становить 84,9 га.

Нормативний рівень шуму на території поруч з житловими будинками:

- з 7 до 23 годин – 55 (децибел);
- з 23 до 7 годин – 45 (децибел).

Відповідно до [118] еквівалентні та максимальні рівні шуму, створюваного автомобільним, залізничним та повітряним транспортом, вимірюють у 2 м від конструкцій першого ешелону житлових будинків та на висоті 1,2 м (рис. 3.22). Будинки, готелі та гуртожитки, що виходять на центральні вулиці міста, на які поширюється вплив шуму від залізниці, джерел авіаційного шуму, дозволено приймати на 10 децибел вище.

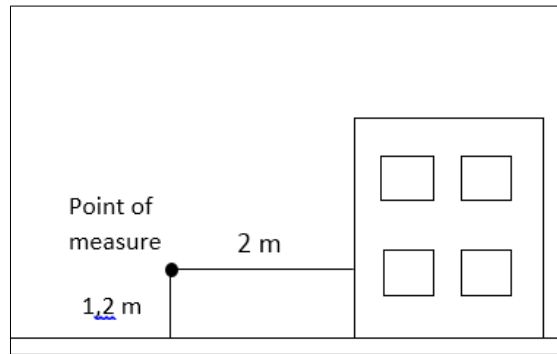


Рис. 3.22. Розміщення точок вимірювання рівня шуму

Джерело: розроблено автором

Крім того, згідно з [118] в цій зоні містобудування вводиться поправка +5 дБ. Таким чином, для цієї зони стандартний рівень шуму становить:

- з 7 до 23 годин – 70 (децибел);
- з 23 до 7 годин – 60 (децибел).

Основним джерелом зовнішнього шуму в цій зоні є транспортні потоки, що складаються з легкових і вантажних автомобілів, автобусів і трамваїв. Вихідним параметром шуму транспортного потоку для різних акустичних розрахунків є його шумова характеристика.

Шумову характеристику встановлюють як еквівалентний рівень звуку, що створюється потоком на відстані 7,5 м від осі найближчої смуги і на висоті 1,5 м над рівнем проїжджої частини [87].

Вихідними даними для розрахунку шумових характеристик транспортних потоків є:

- інтенсивність руху в години пік та найгучніша година вночі, од/год;
- загальна частка вантажного та громадського транспорту в потоці, %.

За результатами розвідувального обстеження території району визначено ключові точки, на яких проведено вимірювання шуму та підрахунок кількості проїжджаючих транспортних засобів.

Точки проведення вимірювання представлені на рис. 3.23.

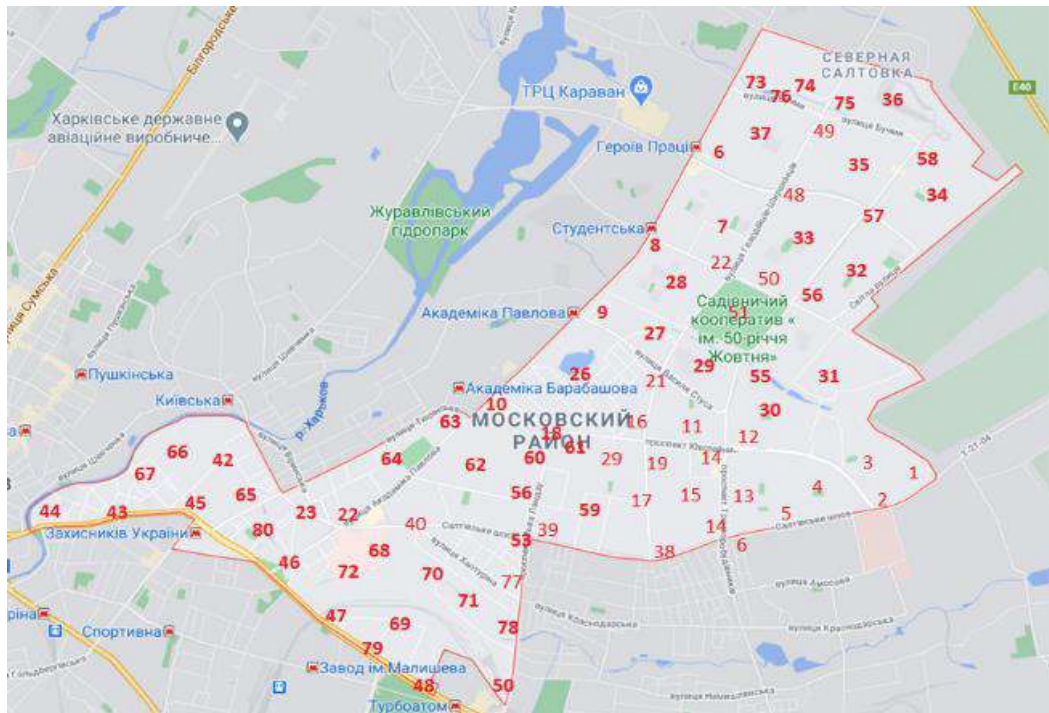


Рис. 3.23. Просторовий розподіл точок вимірювання рівня шуму

Джерело: розроблено автором.

Вимогою до діапазону ключових зон є рівномірність розміщення, охоплення всіх функціональних зон, можливість паралельного вимірювання шуму біля його джерела та за «звуковим екраном». Загальні результати експериментальних даних включають 80 точок вимірювань (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Дані замірів рівнів шуму у Салтівському районі м. Харків

№	Будній день (ранок) дБ	Будній день (вечір) дБ	Вихідний день (ранок) дБ	Вихідний день (вечір) дБ	№	Будній день (ранок) дБ	Будній день (вечір) дБ	Вихідний день (ранок) дБ	Вихідний день (вечір) дБ
1	65,8	68,5	69,1	67,6	41	75,1	75,3	70,7	71,9
2	68,9	70,6	72,5	72,6	42	79,4	80,3	77,4	76,7
3	66,5	66,2	67,7	64,8	43	79,7	82,6	77,6	77,4
4	66,0	64,9	65,0	61,8	44	79,2	81,2	77,8	80,6
5	68,2	69,8	64,9	62,7	45	80,4	82,0	78,4	79,2
6	73,0	72,9	74,4	76,0	46	83,1	81,2	76,7	77,6
7	70,1	70,2	71,3	67,4	47	81,6	81,4	79,0	79,5
8	71,2	71,8	72,6	67,0	48	81,2	81,2	81,6	82,6
9	71,6	72,8	74,0	73,7	49	70,0	69,4	67,7	66,3
10	76,0	77,6	75,1	73,3	50	77,1	75,9	72,6	70,5

Продовження таблиці 3.3

11	64,7	70,5	67,6	64,3	51	65,6	67,8	60,9	60,3
12	65,7	70,6	70,5	65,5	52	57,2	55,0	51,9	52,6
13	65,2	71,0	69,5	65,5	53	75,7	77,2	73,7	74,3
14	74,6	71,2	72,5	73,2	54	57,6	55,4	52,3	51,9
15	68,1	70,5	69,2	72,6	55	65,2	64,8	65,9	66,2
16	69,2	68,2	70,8	70,5	56	73,3	74,8	73,0	73,6
17	68,5	69,5	68,0	70,0	57	66,8	65,1	63,6	66,7
18	70,6	72,8	72,5	71,6	58	66,5	62,0	65,1	64,1
19	70,2	72,7	71,3	72,6	59	69,4	69,0	69,0	69,6
20	66,4	66,2	68,9	69,8	60	70,3	68,0	71,2	72,6
21	70,6	73,3	65,1	64,5	61	70,7	71,4	69,4	69,2
22	74,6	75,0	72,5	62,8	62	59,2	57,3	46,3	45,9
23	71,3	71,2	75,7	71,2	63	54,5	52,2	47,4	48,2
24	61,0	59,7	62,6	68,4	64	52,0	49,7	47,6	45,0
25	62,0	54,2	59,3	69,7	65	51,7	51,9	47,9	47,8
26	63,4	66,1	57,2	54,8	66	51,3	51,0	51,4	51,2
27	60,3	61,1	52,1	56,3	67	53,0	52,7	49,8	49,5
28	52,7	56,9	52,7	54,5	68	53,1	44,4	47,4	48,0
29	53,2	49,5	54,1	55,4	69	51,0	49,5	50,1	43,7
30	53,8	55,3	48,6	45,6	70	54,2	54,8	48,1	46,5
31	53,4	51,5	46,4	47,0	71	50,3	46,9	45,1	45,7
32	51,7	46,8	51,7	54,6	72	50,1	50,8	46,4	44,0
33	53,1	45,7	51,9	49,9	73	48,9	47,3	43,5	44,3
34	52,8	52,0	48,0	46,9	74	48,1	43,8	44,4	41,9
35	51,4	48,9	55,4	46,6	75	47,9	48,4	45,8	44,1
36	51,7	52,1	45,8	47,1	76	46,7	47,5	46,4	44,8
37	54,6	54,2	44,2	45,0	77	70,7	70,6	71,1	71,4
38	68,9	69,4	66,0	66,9	78	79,7	82,6	77,6	77,4
39	67,4	66,9	62,3	64,7	79	79,2	81,2	77,8	80,6
40	76,1	76,7	73,8	72,8	80	69,4	69,0	69,0	69,6

Джерело: розроблено автором

Таким чином, загальна кількість даних склала 80 точок замірів, повторні вимірювання – тричі в кожній точці кожні 10 хвилин. Загальний обсяг експериментальних даних – 1440 вимірювань [87].

За допомогою програмного забезпечення QGIS, плагіну інтерполяція проілюстровано розподіл шумового навантаження на території району.

Ілюстрація відображення розподілу шуму представлена на рис. 3.24-3.27.

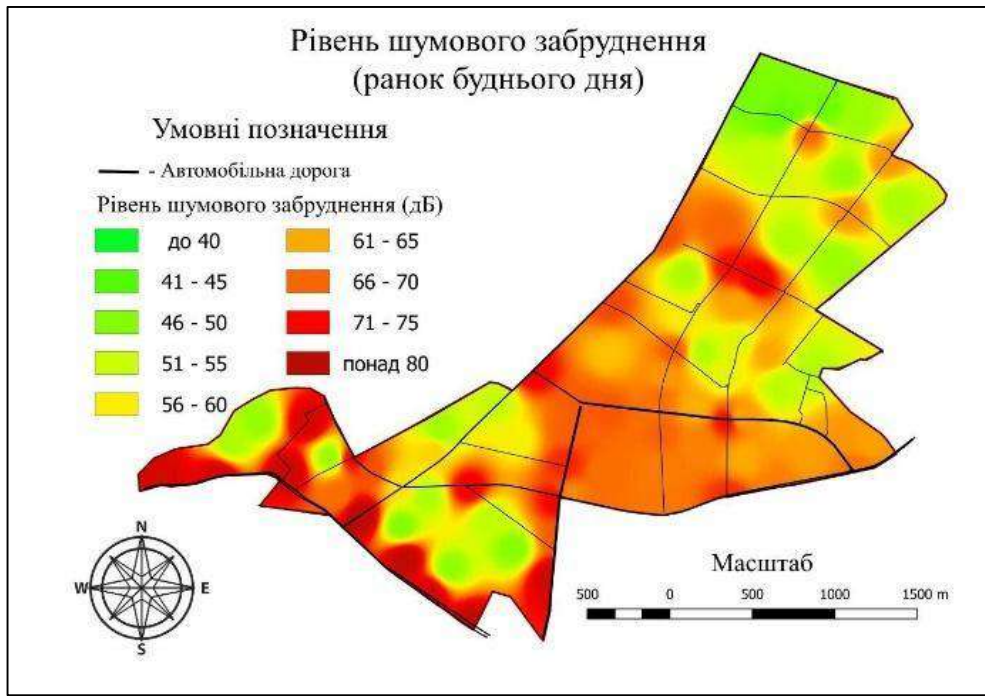


Рис. 3.24. Рівень шумового забруднення Салтівського району м. Харків
(будні, ранок)

Джерело: розроблено автором

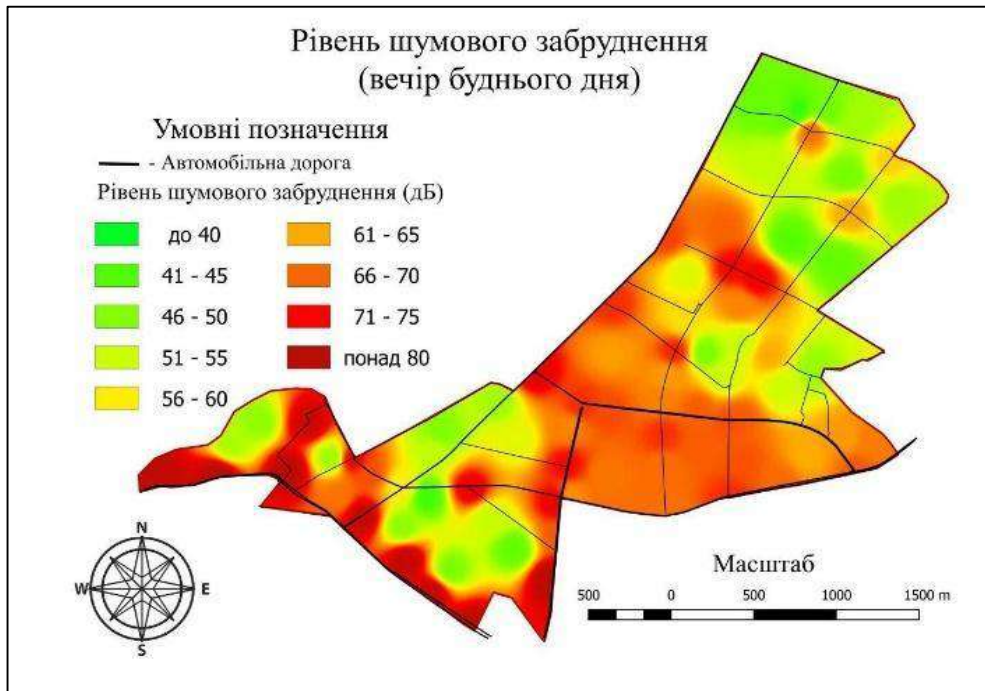


Рис. 3.25. Рівень шумового забруднення Салтівського району м. Харків
(будні, вечір)

Джерело: розроблено автором

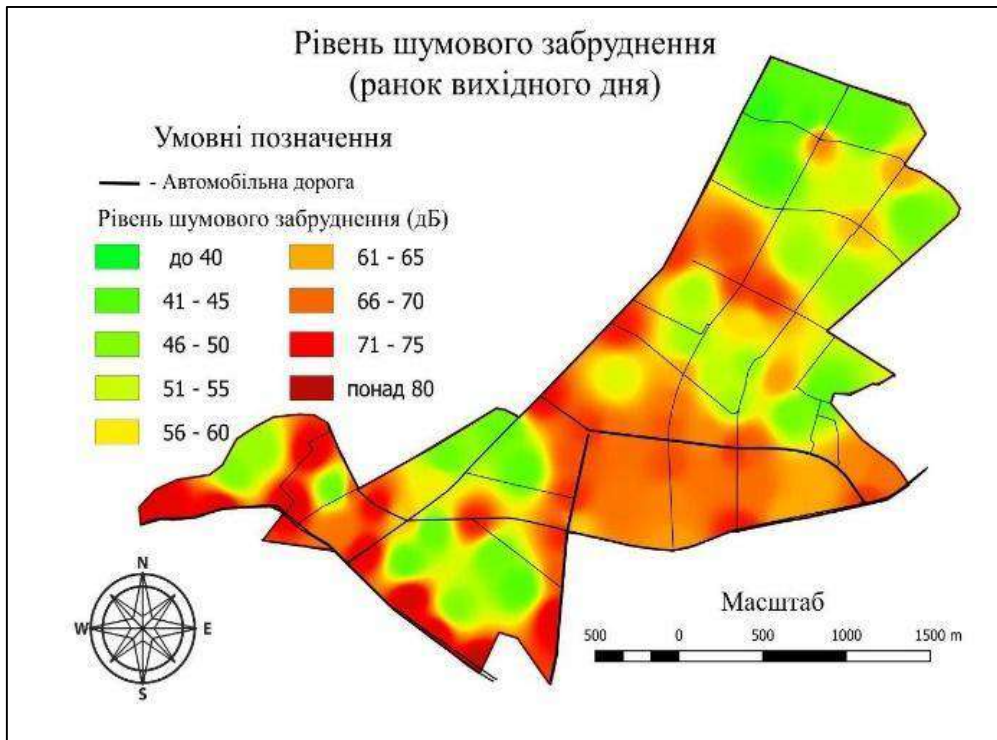


Рис. 3.26. Рівень шумового забруднення Салтівського району м. Харків
(вихідний, ранок)

Джерело: розроблено автором.

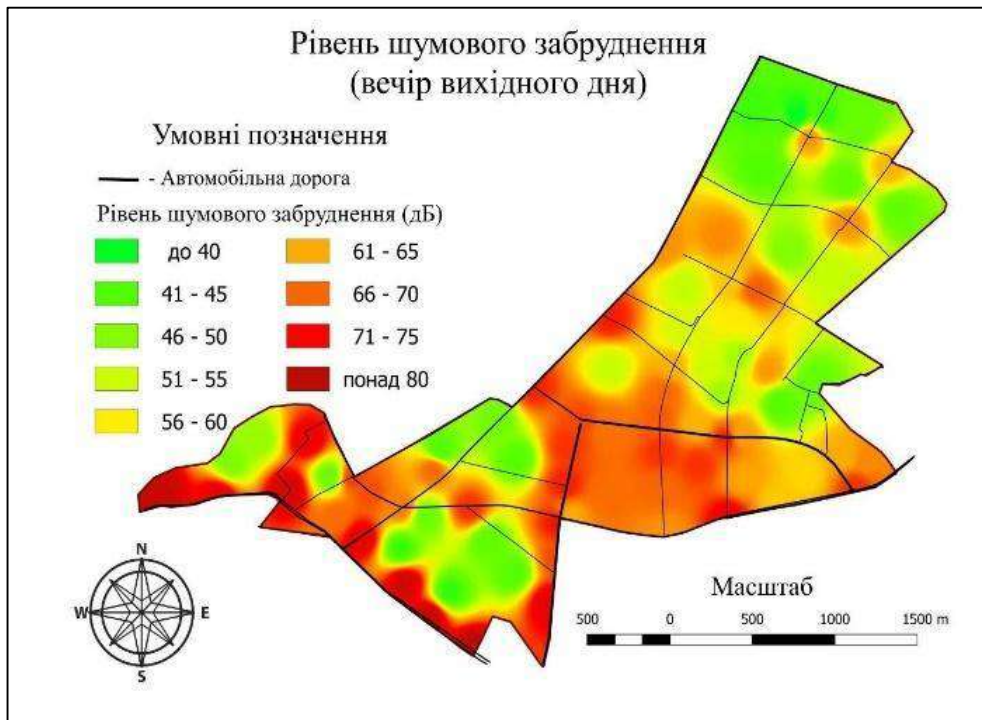


Рис. 3.27. Рівень шумового забруднення Салтівського району м. Харків
(вихідний, вечір)

Джерело: розроблено автором

Найвищий рівень шуму в Салтівському районі спостерігається в південно-західній та центральній частинах, як у вихідні, так і в будні. Це пояснюється тим, що в цих частинах міста є промислові підприємства та великі транспортні шляхи.

При цьому в цих частинах району відсутні засоби захисту від шуму. Найбільше впливу від шуму піддаються будівлі та невеликі приватні будинки, які виходять на основні магістралі. У той же час шум від транспортних засобів часто буває імпульсним і переривчастим [87].

Таким чином, існуюча зелена інфраструктура району є ізольованими островами, лише всередині спостерігається зниження антропогенного шумового навантаження [87].

Шум з рівнем 50-60 дБ створює значне навантаження на нервову систему. Шум вище 70 дБ викликає фізіологічні ефекти; шум вище 80 дБ може призвести до втрати слуху.

Найбільш зеленими є райони з низьким рівнем шуму (до 45 дБ) у будні та вихідні дні.

У цьому випадку показовим вимірюванням є точки біля зелених зон і всередині. Результати вимірювань представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Рівень шуму поряд та в середині парку культури та відпочинку Перемога

№ точки	Будній день (ранок)	Будній день (вечір)	Вихідний день (ранок)	Вихідний день (вечір)	Норма
13	65,2	71	69,5	65,5	70
14	74,6	71,2	72,5	73,2	70
15 всередині парку	68,1	70,5	69,2	72,6	70
19	70,2	72,7	71,3	72,6	70
38	68,9	69,4	66	66,9	70

Джерело: розроблено автором.

Виходячи з даних таблиці та карт, бачимо, що в зеленій зоні – парку культури та відпочинку Перемога нормативи також перевищені. Це пов'язано з тим, що крім траси є ще ТЕС № 3, Салтівський хлібокомбінат, а біля парку – трамвайна колія.

Таким чином, можна сказати, що відсутність парку на цій території значно підвищила б шумове забруднення цієї території.

Таблиця 3.5

Рівень шуму на території приватних садів «50-річчя Жовтня»

№ точки	Будній день (ранок)	Будній день (вечір)	Вихідний день (ранок)	Вихідний день (вечір)	Норма
22	74,6	75	72,5	62,8	70
50	77,1	75,9	72,6	70,5	70
51 всередині	65,6	67,8	60,9	60,3	70
55	65,2	64,8	65,9	66,2	70
56	73,3	74,8	73	73,6	70

Джерело: розроблено автором.

Території приватних садів «50-річчя Жовтня», прибережної зони річки Немишля мають перевищення понад 70 дБ і спостерігаються переважно в будні дні на ділянках поблизу автомобільних доріг.

Таблиця 3.6

Рівень шуму лінійних зелених насаджень вздовж вулиці Бучми

№ точки	Будній день (ранок)	Будній день (вечір)	Вихідний день (ранок)	Вихідний день (вечір)
73	48,9	47,3	43,5	44,3
74	48,1	43,8	44,4	41,9
75	47,9	48,4	45,8	44,1
76	46,7	47,5	46,4	44,8

Джерело: розроблено автором.

У цих точках ми бачимо зниження рівня шуму за рахунок екранування лінійних зелених насаджень. Середній рівень шуму в цих точках становить 45,8 дБ. Таким чином, лінійні насадження в поєднанні з полігональними та точковими об'єктами зеленої інфраструктури дозволяють значно знизити рівень шумового навантаження на мешканців урбанізованих територій.

У загальному випадку методи зниження шуму транспорту можна класифікувати за трьома напрямками: зниження шуму в джерелі його виникнення, у тому числі при виведенні транспортних засобів з експлуатації та зміні маршрутів їх руху; зниження шуму на шляху його поширення; використання екранування .

Ефективним заходом боротьби з шумом у містах є озеленення. Деревя, висаджені впритул один до одного, в оточенні густих чагарників, значно зменшують техногенний шум і покращують міське середовище. Рослини наділені особливою шумопоглинаючою здатністю. Насадження клена, тополі, липи поглинають від 10 до 20 дБ звукових сигналів. Густий живопліт може зменшити шум від шосе в 10 разів.

Міські зелені насадження є важливим фактором зменшення негативного впливу шуму у великих містах. Шкідливий вплив шуму на здоров'я людини загальноновизнаний і проявляється в широкому діапазоні: від суб'єктивних подразнень до патологічних змін в органах слуху, центральній нервовій та серцево-судинній систем.

Було визначено два типи впливу зеленої інфраструктури на поширення шуму:

- зниження його інтенсивності вглиб зеленої зони (придатне лише тим, хто знаходиться всередині зелених насаджень);
- збереження поширення шуму від доріг до житлових будинків лісосмугами між ними.

3.2.3 Оцінка виконання зеленою інфраструктурою функції з очистки поверхневого стоку (на прикладі зелених дахів м. Харків).

Зелені дахи є одним із об'єктів зеленої інфраструктури, яка разом з іншими зеленими насадженнями міста формує його зелений каркас та робить міста більш екологічними та стійкими. Проведення повномасштабного дослідження типів забудови м. Харків та оцінка конструктивних особливостей різних типів будівель надає можливість надання рекомендацій щодо облаштування зелених дахів і терас та включення їх до зеленої інфраструктури міста. При цьому озеленення дахів, на відміну від створення парків і скверів, не вимагає виділення великих площ, а навпаки дозволяє більш ефективно використовувати простір будівель. У той же час сучасна практика будівництва, особливо у великих містах з населенням понад 1 млн. осіб, має безперервне використання «сірого» рішення. Урбанізація призводить

до більш частих повеней у міських районах. Муніципальні системи збору та водовідведення не справляються з аномальною кількістю опадів і мають застарілий матеріально-технічний фонд. Дослідження об'єктів зеленої інфраструктури проводилися в різних країнах Європи та України [33]. Законодавство України щодо благоустрою міст базується переважно на [118]. У попередніх дослідженнях ми також вивчали як теоретичні особливості організації зеленої інфраструктури та ландшафтного містобудування [2, 37, 39, 47], так і її окремі об'єкти [119-122].

Наприклад, зелені дахи активно використовуються у Львові, Україна на приватних будівлях, бізнес-центрах, навчальних та науково-дослідних установах.

Утримання поверхневого стоку зеленими насадженнями, зокрема зеленими дахами, підтверджено різними дослідженнями [123-125].

Послаблення дренажу залежить від місцевих характеристик опадів та індивідуального дизайну даху, але може досягати до 90% для інтенсивних покрівель. Пікова витрата зберігається протягом 15 хвилин, що означає полегшення для каналізаційної системи. Оскільки дренаж зеленого даху фільтрується, воду можна використовувати для живлення підземних вод або як водопровідну воду на фермі [126].

Наприклад, зелені дахи в Женеві, Швейцарія, були встановлені на даху лікарні (0,55 га), щоб зменшити ризики повеней у міських районах. Справді, ця зелена покрівля призначена для утримання близько 30,25 м³ води на день у ґрунті та рослинах та запобігання її стоку [126].

У Фінляндії було розроблено пілотний дослідницький проект щодо переваг зелених дахів. Досліджено вплив на якість стічних вод, комах-запилювачів, виживання фінських видів посушливих луків, що знаходяться під загрозою зникнення, на різних типах субстратів і т. д. Очевидно, що одна зелена покрівля або кілька розсіяних дахів практично не впливають на регулювання зливових вод. Однак моделювання показало, що існують потенційні переваги для масштабних проектів озеленення дахів у міських районах [126].

Здатність рослин виживати на зелених дахах залежить від певних факторів, таких як види рослин, сонячна радіація, кількість опадів, середньорічні

температури. Було виявлено [127], що спонтанна рослинність має вищий рівень виживання та виконує екосистемні послуги, ніж рослинність, обрана для зеленого даху.

Тип рослинності також впливає на ефективність водоутримання зелених дахів. Ефективність утримання води майже не залежить від збільшення ємності субстрату [123].

Проте затримка води підкладкою та шаром фільтра впливає на підтримку температури залежно від товщини шару [128].

З негативного боку визначено [129], що зелені дахи є дуже несприятливим середовищем для росту рослин через малу глибину субстрату, високі температури та освітленість, а також вплив вітру. В результаті виникає потреба в дуже точному підборі рослинності для зеленого даху. Це в свою чергу зменшить експлуатаційні витрати, забезпечить усі переваги зеленого даху та продовжить термін його служби.

Метою дослідження є визначення якісних змін стоку води після проходження зелених дахів. У даному дослідженні вивчалися частота використання зелених покрівель у будівництві та озелененні, якість поверхневого стоку після проходження через субстрат зеленої покрівлі, на прикладі м. Харкова.

Зелені насадження в містах дають ряд переваг: покращення якості житлового простору, атмосферного повітря, регулювання температури та мікроклімату, регулювання поверхневого стоку, адаптація до зміни клімату тощо. Використання зеленої інфраструктури в міських умовах сприяє розвитку просторових процесів, планування та управління якими привертає особливу увагу до впливу екологічних рішень, породжених міським контекстом [121, 122].

Зелений дах – це покрівля будівлі, частково або повністю покрита рослинністю та шаром ґрунту. Це зелений простір, створений додаванням поверх традиційної покрівельної системи додаткових шарів родючого ґрунту і рослин. Зеленої покрівлю також називають екологічною та/або живою покрівлею.

Плоскими вважаються дахи з невеликим ухилом, проте не менше 2 %, а похилі можуть мати ухил від 20 % і більше. Плоский дах повертає в атмосферу менше 1%

вологи. Тонкий шар рослинного ґрунту товщиною 10 см, покритий травою, утримує до 20 % опадів. Зелені дахи можуть утримувати до 80 % дощової води, що зменшує навантаження на міську каналізаційну систему, яка часто не справляється з об'ємом дощової води і викликає підтоплення [129]. Облаштування зеленого даху позитивно впливає на енергоефективність будинку за рахунок теплоізоляції. Зелені дахи здатні утримувати до 90 % опадів і опадів і впливають на очищення поверхневого стоку.

Існуючі типи архітектурно-планувальних рішень зелених дахів можна звести до кількох основних типів [124]:

- а) трав'яні дахи в малоповерховому будівництві;
- б) сади на терасах;
- в) городи на дахах господарських будівель (гаражі, магазини);
- г) сади на дахах багатоповерхівок.

Залежно від шару субстрату, в якому ростуть рослини, зелені покрівлі поділяються на екстенсивні та інтенсивні типи. Інтенсивні – це достатньо великі об'єкти, які, як правило, потребують відносно складних інженерних рішень. На таких дахах можуть розміщуватися, навіть, невеликі ставочки, басейни, росли дерева та розміщуватись крупні зони відпочинку на кшталт кафе чи тренажерного залу. Тобто, інтенсивні зелені дахи це великі рослинні системи.

Екстенсивні зелені дахи – це дах з тонким рослинним килимовим покриттям з не високої трави, мохів, лишайників та інших невисоких та невибагливих рослин. Цей тип зеленого даху цілком можна створити самостійно на вже існуючому будинку, як правило, суттєвої перебудови будинок не потребує.

Зелені дахи також за організацією поділяються на седумні та контейнерні (модульні) типи. Проте вважається, що седумний тип покриття краще утримує опади та забезпечує очищення стічних вод, ніж модульний. А розрахунок утримання поверхневого стоку можна здійснити за відношенням об'єму поверхневого стоку за досліджуваний період до площі зеленого даху [130].

Досить популярним є проміжний тип між екстенсивними та інтенсивними зеленими дахами. Це дахи, на яких можна вирощувати городні культури, доступні

для невеликих груп відвідувачів і як зона відпочинку. Важливо, щоб ці ділянки не взаємодіяли безпосередньо з земною поверхнею і могли складатися з різних типів ґрунту. Вони відіграють важливу роль у регулюванні поверхневого стоку, життя та розвитку міської флори та фауни, забезпечують захист від перегріву будівель, шуму та холоду та формують комфортний мікроклімат [131].

Для облаштування зеленого даху екстенсивного типу товщина субстрату становить 8-15 см, а для інтенсивного типу – 20-60 см.

Крім цього варто звертати увагу на необхідність підживлення екстенсивного зеленого даху добривами, які у свою чергу можуть надходити зі стоком до розташованих поблизу водойм. Крім того, необхідно звернути увагу на необхідність удобрювати обширну зелену покрівлю добривами, які можуть надходити зі стоком до навколишніх водойм [132].

На сьогоднішній день нормами українського законодавства ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будинків і споруд» дається таке визначення зеленої покрівлі – це плоске або похило комбіноване покриття з верхнім шаром рослинності. Законодавством не наведено класифікацію видів зелених дахів, у цьому документі використовується тільки екстенсивний тип покрівлі з можливістю облаштування пішохідної зони, а крім того, встановлення озеленення на даху не є обов'язковим і визначається забудовником [87].

Основними умовами, що визначають можливість облаштування зеленого даху, є здатність конструкції будівлі витримувати додаткові навантаження; розміщення на дахах будівель інженерних комунікацій, системах витяжної вентиляції тощо; кут нахилу даху; загальний стан покрівлі – наявність попереднього утеплення [87]. При створенні зеленого даху першим кроком є визначення його призначення. Однак на практиці можна побачити, що зелені покрівлі різних типів можна об'єднувати – частина даху з озелененням, а інша може використовуватися для відпочинку, або в комерційних цілях. Наступний крок – умови створення – будівля вже існує або будівництво знаходиться на стадії проектування. Від цього залежить наступний крок – розрахунок навантаження на конструкцію майбутньої зеленої покрівлі [87].

Коли обрано тип зеленої покрівлі, визначено допустиме навантаження, необхідно оминати комунікації – не чіпати вентиляційні отвори, і організувати систему відведення поверхневих опадів. Дощова і тала вода зазвичай видаляються з покрівлі через воронки і дренажні лотки. При цьому на підлозі як звичайної покрівлі, так і зеленої необхідно встановити дренажний і фільтруючий шари.

Як правило, для екстенсивного зеленого даху необхідно встановити такі шари (рис. 3.28а) [87]:

1. рослини з субстратом;
2. фільтр, що захищає субстрат від вимивання;
3. дренаж, який буде служити замість поливу;
4. додатковий ізоляційний шар;
5. водонепроникний.

Для інтенсивного зеленого даху необхідні наступні шари (рис.3.28б):

1. рослини з субстратом;
2. фільтр, що захищає субстрат від вимивання;
3. дренаж;
4. фільтр, захисний шар;
5. водонепроникний;
6. додатковий ізоляційний шар;
7. пароізоляція.

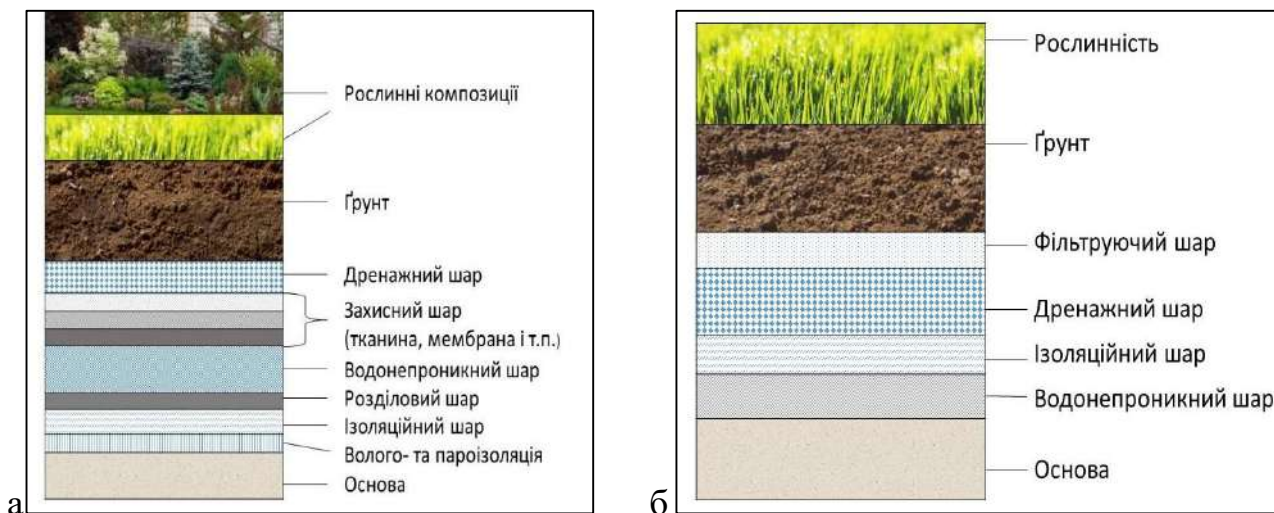


Рис. 3.28. Інтенсивний тип та екстенсивний тип зеленого даху

Джерело: розроблено автором

Існуючий житловий фонд міст України, зокрема на прикладі Харкова, можна розділити на такі типи [120]:

- п'яти-дев'ятиповерхові будинки, побудовані в 1950-1980-х роках. Вони мають плоский дах, але через старість не підходять для озеленення даху. Такі будинки не підходять для зелених дахів;

- дев'яти, дванадцяти, шістнадцяти поверхові будинки (1960-1970-ті рр.). Більшість мають технічний поверх. На них можливе облаштування обширного типу зеленої покрівлі з урахуванням інженерних комунікацій.

- дво-, п'ятиповерхові будинки (1930-50-ті рр.). Дах у будинках дво- або багатоскатний, утворюючи велике горище. Як покрівельний матеріал використовувався шифер або руберойд. У таких будівлях можливим варіантом є монтаж модульного озеленення мансарди або балкона.

Тому перспективи облаштування зеленого даху є наступними [120]:

- одноповерхові, двоповерхові приватні існуючі та новобудови з плоским дахом (можливе облаштування екстенсивного та інтенсивного типів) або похилим з нахилом не більше 35 градусів (тільки для екстенсивної покрівлі).

- багатоповерхові новобудови, які будуються;

- також можливе облаштування зеленого даху на зупинках громадського транспорту;

- адміністративні будівлі приватної та державної власності;

- промислові підприємства, склади тощо;

- комерційні центри.

У місті Харків зелена інфраструктура представлена переважно парками, садами, скверами, лінійними насадженнями вздовж доріг та насадженнями спеціального призначення (санітарно-захисні зони, зелені насадження підприємств і організацій). Зелені дахи не дуже популярні серед архітекторів і власників, тому їх кількість у місті досить мала. Зелені покрівлі в Харкові часто представлені двома типами: автостоянки (рис. 3.29) і льохи (рис. 3.30).

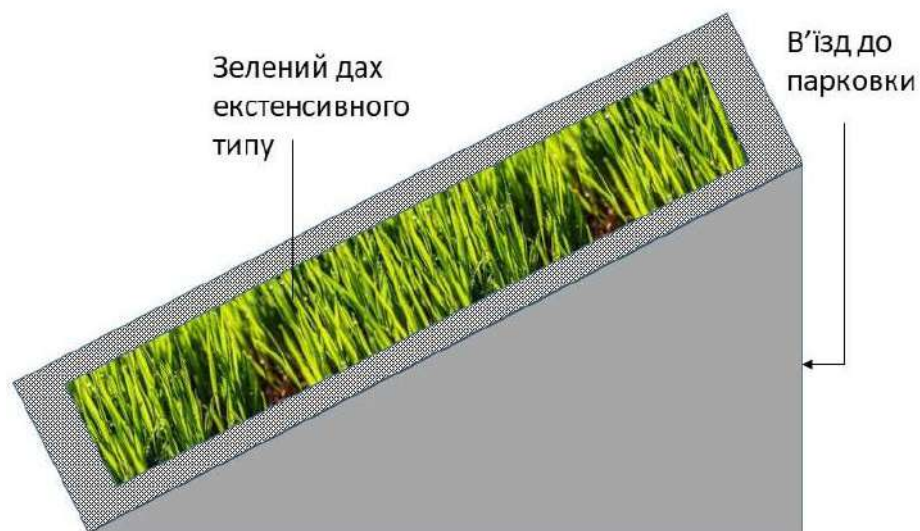


Рис. 3.29. Зелений дах паркінгу

Джерело: розроблено автором.

Останній тип досить поширений, завдяки традиціям, які історично склалися в пост-радянських країнах. Погреби використовуються для зберігання овочів і консервації і розташовані переважно біля багатоквартирних будинків.

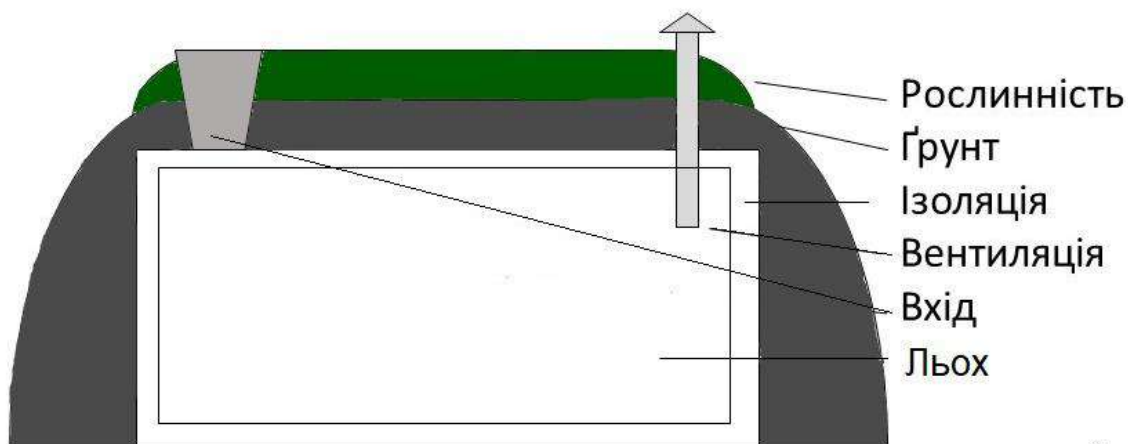


Рис. 3.30. Льох

Першим пунктом відбору була стоянка на вулиці Бакуліна біля житлового комплексу (рис. 3.29). Ділянка розташована у дворі приватного сектора і відіграє роль даху стоянки. Площа 10 квадратних метрів (0,001 га) з кутом 25° , це положення відіграє роль у швидкості стоку води з поверхні. Найнижча точка даху знаходиться на відстані 40 см від землі, найвища сягає близько 4 метрів. Рослинність на ділянці вирощується штучно на спеціально підібраному субстраті (грунтовій суміші), вік самої екосистеми до 3 років. Товщина поверхневого шару до 10 см ґрунтової суміші. Відповідно до законодавства України, за функціональним призначенням ця територія призначена для спеціального використання, тобто доступ сторонніх осіб заборонений [89].

Другим пунктом відбору проб була площа поверхні підвалів на вулиці Героїв Праці (рис. 3.30). Ділянка розташована біля гаражів у дворі житлових будинків.

Зелений дах має площу близько 50 квадратних метрів (0,005 га) з кутом нахилу 0-3°. Висота над землею в середньому становить 1 метр. Покрівля є типовим ґрунтом міського ґрунту, на якому росте рудеральна рослинність. Вік цієї екосистеми близько 20 років [89].

Третім пунктом для порівняння стала покрівля приватного будинку без благоустрою в Холодногірському районі Харкова.

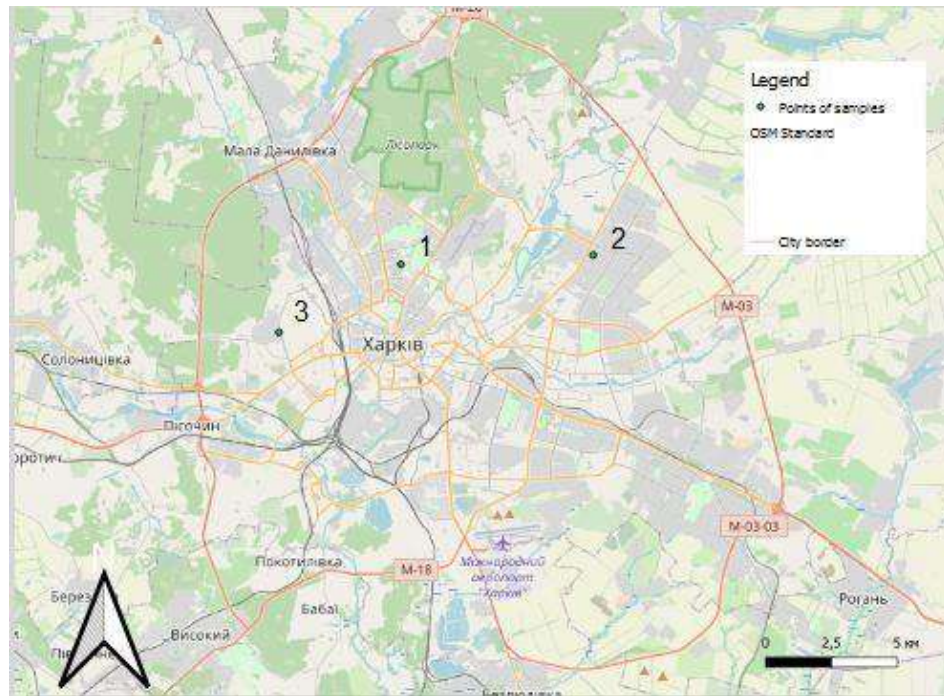


Рис. 3.31. Точки відбору проб

Джерело: розроблено автором

У польових умовах відбирали по дві проби з кожної ділянки. Першим зразком була вода з поверхні, а саме талий сніг, друга проба – вода, просочена поверхнею зеленого даху та взята з водостоку. У третій пробі сніг і тала вода були взяті з каналізації. При дослідженні визначено такі показники: рН, нітрити, нітрати, прозорість, запах, каламутність, хлориди, загальна жорсткість, загальна лужність, аміак, цинк, мідь, марганець, кадмій, загальне залізо, хром. Порівняння проб поверхневих та дренажних вод з першого пункту по вул. Бакуліна (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Порівняння проб поверхневих та стічних вод з першого пункту відбору по вул. Бакуліна.

Показник	Одиниці вимірювання	Нормативне значення	Зелений дах	Стічна вода після проходження зеленого даху (дренаж)	Зміна показника	Відсоток зміни показника
pH	-	6.5-8.5	8.266	7.83	↘	5.30 %
Нітрати (NO ₃)	мг/дм ³	<50	0	0	—	0
Нітрити (NO ₂)	мг/дм ³	<3.3	0.004	0.002	↘	50.0 %
Прозорість	см	>30	25	25		0
Запах	бал	2	0	1	↗	100 %
Каламутність		<1	1.5	1.5	—	0
Хлориди (Cl)	мг/дм ³	<250	196	184	↘	6.2 %
Жорсткість загальна	ммоль/дм ³	<7 (<10)	1.3	0.8	↘	39.5 %
Лужність загальна	мг/дм ³	0.5-6.5	1.65	1.3	↘	21.3 %
Аміак (NH ₃)	мг/дм ³	<2	0.08	0.2	↘	75.0 %
Цинк (Zn)	мг/дм ³	<1	0.0432	0.0373	↘	13.6 %
Мідь (Cu)	мг/дм ³	<1	0.0003	0.0003	—	0
Марганець (Mg)	мг/дм ³	<0.05	0.00065	0.0002	↘	69.3 %
Кадмій (Cd)	мг/дм ³	<0.01	0.00045	0.0005	↗	10.0 %
Залізо загальне (Fe)	мг/дм ³	<0.2	0.01935	0.0217	↗	19.0 %
Хром (Cr)	мг/дм ³	<0.05	0.0003	0	↘	100 %

Джерело: розроблено автором

Усі показники не перевищують норму ГДК за Державними санітарними нормами та правилами 2.2.4-171.10 «Гігієнічні вимоги до споживання води людиною», але відсоток хімічних речовин змінюється при проходженні через ґрунтову суміш зеленої покрівлі. Тому можна спостерігати наступні зміни [89]:

- рН поверхневих вод після просочення знизився на 5,3%, нітритів на 50%, хлоридів на 6,2%, загальної жорсткості знизився на 39,5%, загальна лужність знизилася на 21,30%, аміаку на 75%, цинку – на 13,6%, марганцю – на 69,3%. % і хрому на 100%.

Ці результати говорять про те, що рослинність і субстрат зеленого даху зберігають більшість хімічних елементів і очищають поверхневий стік. Але замість цього є показники відсотка концентрації, який зріс:

- Запах дренажної води був на 100% сильнішим за поверхневий і мав деревний відтінок. Причиною тому стали залишки листя в місці стоку.
- Важкі метали – кадмій і залізо зросли на 10 і 19 відсотків відповідно. Причиною цього стало скупчення хімічних частинок у ґрунті внаслідок постійного надходження поверхневих вод

Крім змінних, існують також ті, які залишаються в початковій концентрації після просочування води через поверхню зеленого даху: мідь (0,003 мг/дм³), нітрати (0 мг/дм³), каламутність (1,5) і прозорість (25).

Підсумовуючи аналіз перших зразків та їх зміни, можна стверджувати, що зелений дах на вулиці Бакуліна відіграє оздоровчу роль як поверхневий стік [88]. Через те, що концентрації хімічних речовин у поверхневих водах спочатку знаходяться в межах норми, навіть незначне відсоткове збільшення важких металів непомітно для якості дренажної води.

На дослідженні по вул. Героїв Праці були отримані такі результати (табл. 3.8):

- концентрація просоченої води знизилася порівняно з поверхнею на такі відсотки: рН на 8,5 %, хлориди 4,2 %, загальна жорсткість 87,8 %, загальна лужність 81,5 %, залізо 1,6 %, хром 100 %;

- концентрація зросла після дренажу через зелений дах за такими показниками: запах на 100 %, каламутність на 15 %, у важких металах – цинк (9 %), мідь (75 %), марганець (77 %), кадмій (50 %).

Таблиця 3.8

Порівняння проб поверхневих та стічних вод з другої точки по вул. Героїв
Праці

Показник	Одиниці вимірювання	Нормативне значення	Зелений дах	Стічна вода після проходження зеленого даху (дренаж)	Зміна показника	Відсоток зміни показника
рН	-	6.5-8.5	7.292	7.252	↘	8.5 %
Нітрати (NO ₃)	мг/дм ³	<50	0	0	–	0
Нітрити (NO ₂)	мг/дм ³	<3.3	0.001	0.001	–	0
Прозорість	см	>30	25	25	–	0
Запах	бал	2	0	2	↗	100 %

Каламутність		<1	1.5	2	↗	15 %
Хлориди (Cl)	мг/дм ³	<250	192	184	↘	4.2 %
Жорсткість загальна	ммоль/дм ³	<7 (<10)	1.8	0.4	↘	87.80 %
Лужність загальна	мг/дм ³	0.5-6.5	2.8	0.8	↘	81.5 %
Аміак (NH ₃)	мг/дм ³	<2	0.08	0.08	–	0
Цинк (Zn)	мг/дм ³	<1	0.0417	0.0458	↗	9 %
Мідь (Cu)	мг/дм ³	<1	0.0001	0.0004	↗	75 %
Марганець (Mg)	мг/дм ³	<0.05	0.0001	0.0003	↗	77 %
Кадмій (Cd)	мг/дм ³	<0.01	0.0002	0.0004	↗	50 %
Залізо загальне (Fe)	мг/дм ³	<0.2	0.0066	0.0065	↘	1.6 %
Хром (Cr)	мг/дм ³	<0.05	0.0001	0	↘	100 %

Джерело: розроблено автором

Підвищення вмісту важких металів після просочування води через поверхню відбулося за рахунок їх накопичення в міському ґрунті. Тим більше, що екосистема існує близько 20 років і постійно перебуває під впливом антропогенного впливу (наприклад, проїжджу частину для транспортних засобів чи витоку води). Але якщо порівнювати чисельні значення, то навіть збільшення важких металів відповідає нормі Державних санітарних норм і правил 2.2.4-171.10 «Гігієнічні вимоги до споживання води людиною». Лише один показник – каламутність, спочатку не був у межах норми, а після дренажу його значення не збільшувалося. Це було пов'язано з наявністю в ґрунті різних дрібних залишків, які залишалися у воді у зваженому стані [89].

• Після просочення концентрація залишилася незмінною: нітрати (0 мг/дм³), нітрити (0,001 мг/дм³), прозорість (25), аміак (0,08 мг/дм³).

Підсумовуючи пробу поверхневих та дренажних вод на вулиці Героїв Праці, можна стверджувати, що зелений дах є більшою перешкодою для відносно легких хімічних елементів. Через тривале життя та нерегулярне прибирання території екосистема не може бути швидко оновлена.

Порівнюючи роль зеленого даху в двох сферах, були виявлені спільні риси та відмінності:

- Кадмій і запах в обох пробах збільшився у складі води після дренажу через поверхню;
- Концентрація показників: рН, хлоридів, загальної лужності, загальної жорсткості, хрому знизилася після дренування в обох пробах;
- значення нітратів і прозорості в обох випадках залишилися незмінними після проходження через шар ґрунту;
- Залізо, марганець і цинк були протилежними. Якщо в 1 пробі (вул. Бакуліна) концентрація цинку і марганцю знизилася, то в другій (вул. Героїв праці) після дренування зросла протилежна; Залізо в першому зразку зросло, а в другому зменшилося;
- Нітрити та мідь у першому зразку зменшилися, у другому залишилися без змін;
- Мідь і каламутність у другому зразку підвищили концентрацію після дренажу, у першому були статичними.

Дослідження території без благоустрою Холодногірського району дали такі результати (табл.3.9):

- підвищення рН, хлоридів, загальної жорсткості та лужності
- зниження аміаку після проходження через систему збору зливових вод
- показники нітратів, нітритів, заліза, прозорості, каламутності, запаху залишилися незмінними [88].

Методи та форми організації зеленої інфраструктури в кожному місті різні за географічними, екологічними, соціально-економічними умовами, цілі, які вони переслідують, залишаються незмінними. Виявлення та розширення зеленої інфраструктури є однією з найважливіших стратегій впровадження екосистемного підходу до просторового планування. Одним із видів об'єктів зеленої інфраструктури є зелений дах [89].

Таблиця 3.9

Порівняння проб поверхневих та дренажних вод третьої точки Холодногірського району.

Показник	Одиниці вимірювання	Нормативне значення	Дах без озеленення	Стічна вода після проходження зеленого даху (дренаж)	Зміна показника	Відсоток зміни показника
pH	-	6.5-8.5	6.185	7.685	↗	24.25 %
Нітрати (NO ₃)	мг/дм ³	<50	0	0	—	0
Нітрити (NO ₂)	мг/дм ³	<3.3	0.001	0.001	—	0
Прозорість	см	>30	30	30	—	0
Запах	бал	2	0	0	—	0
Каламутність		<1	1.5	1.5	—	0
Хлориди (Cl)	мг/дм ³	<250	184	200	↗	8%
Жорсткість загальна	ммоль/дм ³	<7 (<10)	1	2.0	↗	50%
Лужність загальна	мг/дм ³	0.5-6.5	0.8	2.0	↗	60 %
Аміак (NH ₃)	мг/дм ³	<2	0.2	0.08	↘	60 %
Цинк (Zn)	мг/дм ³	<0.2	0.05	0.05	—	0

Джерело: розроблено автором

Зелені дахи є оптимальною міською зеленою інфраструктурою завдяки своїй багатофункціональності: їх можна переобладнати в існуючі будівлі, вони створюють простір для міської дикої природи та можуть збагатити громадські простори для жителів міста. Крім того, зелені дахи роблять раніше непривітні місця приємними, а також створюють новий відкритий простір для офісних працівників [133].

Основними типами зелених дахів є екстенсивні та інтенсивні, седуми та контейнерні. Вони також відрізняються від типової рослинності та субстрату. Ці фактори впливатимуть на утримання зеленого даху до обслуговування та очищення зливових стоків.

У пострадянських країнах забруднювачем вважався поверхневий стік, який через систему зливової каналізації або безпосередньо у водойми направлявся на очисні споруди. Наше дослідження показує позитивну сторону зелених покрівель на якісні характеристики поверхневого стоку.

У даному дослідженні було виділено два типи зелених дахів – на стоянці та типові для пострадянських країн у вигляді підвалу.

Результати дослідження відбору проб снігу та стоку після озеленення даху та даху без озеленення свідчать, що більшість показників якості води покращується після проходження води через зелені насадження. Таким чином, в обох точках знижується рН, загальна жорсткість, лужність, концентрація хлоридів, хрому. Зелений дах першого пункту (парковки) також знижує концентрацію нітритів, аміаку, цинку та марганцю. У другій точці також знижується концентрація заліза. Збільшення вмісту окремих елементів (запах, каламутність, залізо, цинк, мідь, марганець, кадмій) пов'язане зі специфічними особливостями кожної території, де розташована зелена покрівля, і не мають регулярного повторення [89].

3.2.4 Оцінка вуглецевої ємності зеленої інфраструктури м. Харків

Вуглецева ємність – це потенційна здатність екосистеми до зв'язування та утримування атмосферного CO₂ на тривалий час в різних компонентах наземних екосистем: живій фітомасі, мертвій деревині, ґрунті. Вуглецева ємність урбанізованих територій забезпечує надання важливих екосистемних послуг – пом'якшення наслідків змін клімату, забезпечення якості атмосферного повітря, шляхом поглинання забруднюючих речовин викидів промисловості та автотранспорту [134].

Визначення вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури дозволяє дізнатися кількість накопиченого протягом всього їх життя вуглецю в живій та мертвій фітомасі, та в ґрунті. Вуглець в рослинах здатен зв'язуватися та утримуватися тривалий час, і збільшуючи площі зелених насаджень міста, можна зменшити кількість вуглекислого газу в його атмосфері [135].

Вихідні дані було зібрано та опрацьовано відповідно до лісотаксаційних показників [136-137]. Розрахунок вуглецевої ємності проводився в програмі Microsoft Excel, де було створено базу даних зі всіма вихідними даними: запас вуглецю живої фітомаси (в листі (хвої), в гілках, в стовбурі, в корінні, в деревостані,

запас вуглецю, в підрісті та підліску, у надґрунтовому покриві, загальний запас живої фітомаси), запас вуглецю відмерлої фітомаси (в сухостої (крона), в сухостої (стовбур), в сухостої (коріння), загальний в сухостої, захираченість, загальний запас вуглецю у відмерлій фітомасі), запас вуглецю в підстилці, запас вуглецю в ґрунті, загальний запас органічного вуглецю, запас органічного вуглецю на 1 гектар.

Ця методика надає змогу не тільки оцінити запас вуглецю зеленої інфраструктури, а й дозволяє змодельовати можливості використання різних типів насаджень для збільшення поглинання вуглецю.

Натепер вуглецева ємність океану вже досягла межі депонування надлишкових кількостей CO_2 , що встановлено прямими спостереженнями [138].

Методи розрахунку депонування вуглецю наземними екосистемами України займалися різні вчені. Так, Токарь О. Є., Король М. М., Шпаківська І. М., Дичкевич В. М. [139, 140] розробили технологію математичного розрахунку депонування вуглецю наземними екосистемами.

Василишин Р. Д., Домашовець Г. С. [140] проводили розрахунки конверсійних коефіцієнтів, які відображають відношення маси фракції деревостану до запасів фітомаси у корі для моделювання її динаміки. Результати дослідження також можна використовувати для кількісної оцінки депонованого вуглецю.

Значних внесок у дослідження депонованого вуглецю було внесено Лакидою П. І. [141-142].

Закордонні дослідження мають як аналітичний характер [143] і стосуються методики розрахунку, так і практичні кейси [144, 145].

Проведення оцінки депонування вуглецю міською зеленою інфраструктурою має певні проблеми:

- відсутність рівнянь регресії для анізотропного росту міських дерев;
- потенціал безпосереднього вилучення та консервування вуглецю зеленою інфраструктурою має низьке доказове підґрунтя, порівняно з аналогічними дослідженнями для лісових ландшафтів;

- існує потреба в інструментах моделювання, які могли б правильно враховувати часові варіації циклу вуглецю в містах і враховувати конкретні міські умови [135].

Таким чином, вказана методика дозволяє не тільки дослідити кількість депонованого вуглецю, а також моделювати можливості депонування вуглецю планованої зеленої інфраструктури міста. Проте, варто зазначити, що описані методики оптимально використовувати для природних лісових ландшафтів, оскільки паркові зони міста Харків зазнали суттєвих змін, внаслідок реконструкцій та активних робіт з благоустрою території. Однак, визначити кількість депонованого вуглецю об'єктами зеленої інфраструктури можливо на території об'єктів природно-заповідного фонду, та лісових ландшафтів, які розташовані в межах міста [135, 146].

Розрахунок вуглецевої ємності на нашу думку доцільно провести на території Регіонального ландшафтного парку «Сокольники-Помірки» (Шевченківський район), лісовий заказник «Григорівський бір» (Новобаварський район), частина лісового масиву Холодногірського району, лісові масиви Основ'янського району – Основ'янський ліс та Ващенків бір (рис. 3.32-3.36).

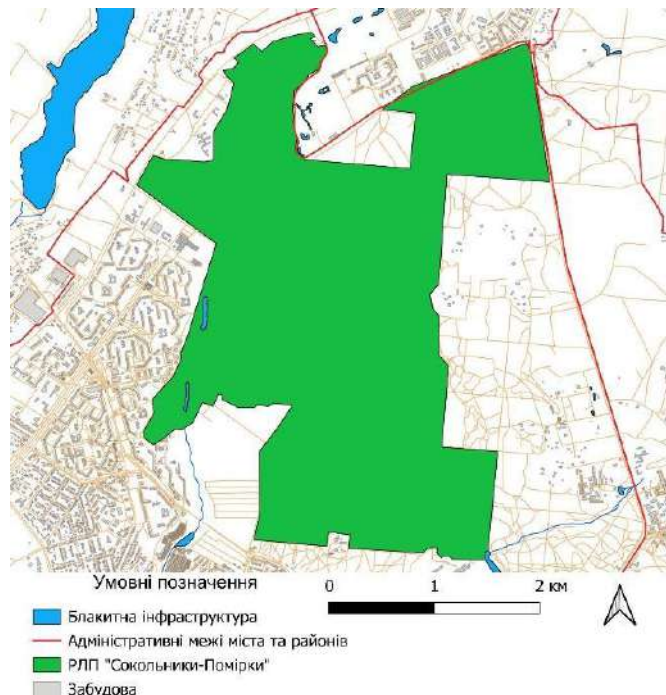


Рис. 3.32. Модельні ділянки об'єктів ПЗФ м. Харків для розрахунку вуглецевої ємності

Джерело: розроблено автором

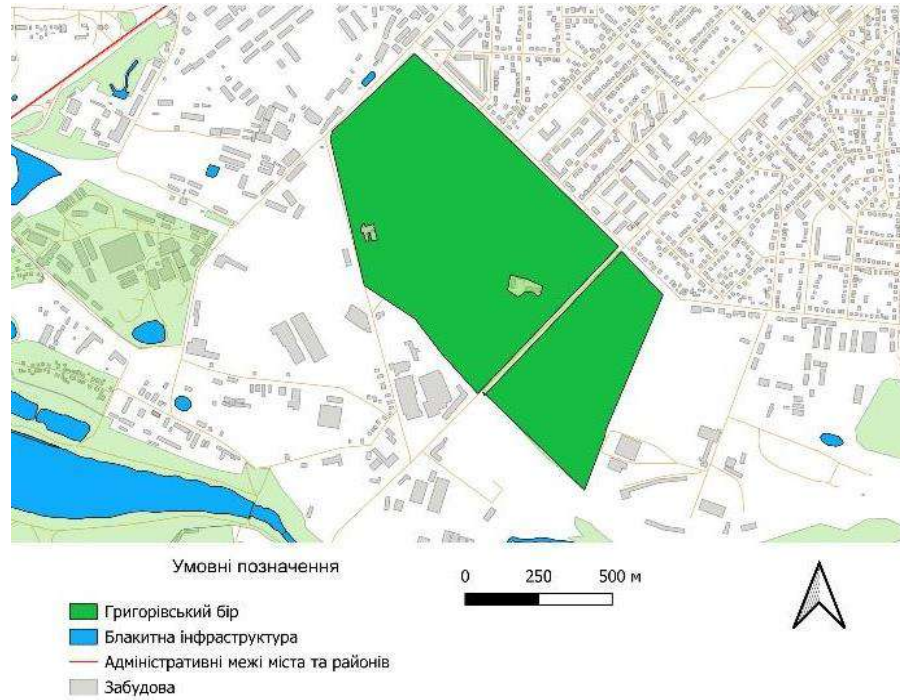


Рис. 3.33. Модельні ділянки об'єктів ПЗФ м. Харків для розрахунку вуглецевої ємності

Джерело: розроблено автором

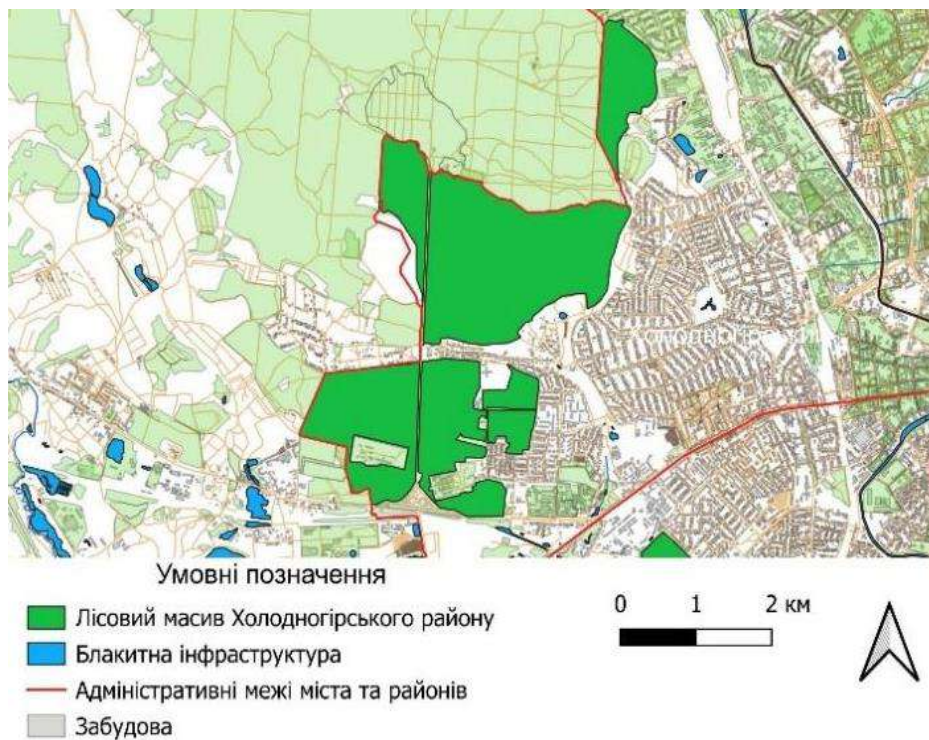


Рис. 3.34. Модельні ділянки об'єктів ПЗФ м. Харків для розрахунку вуглецевої ємності

Джерело: розроблено автором

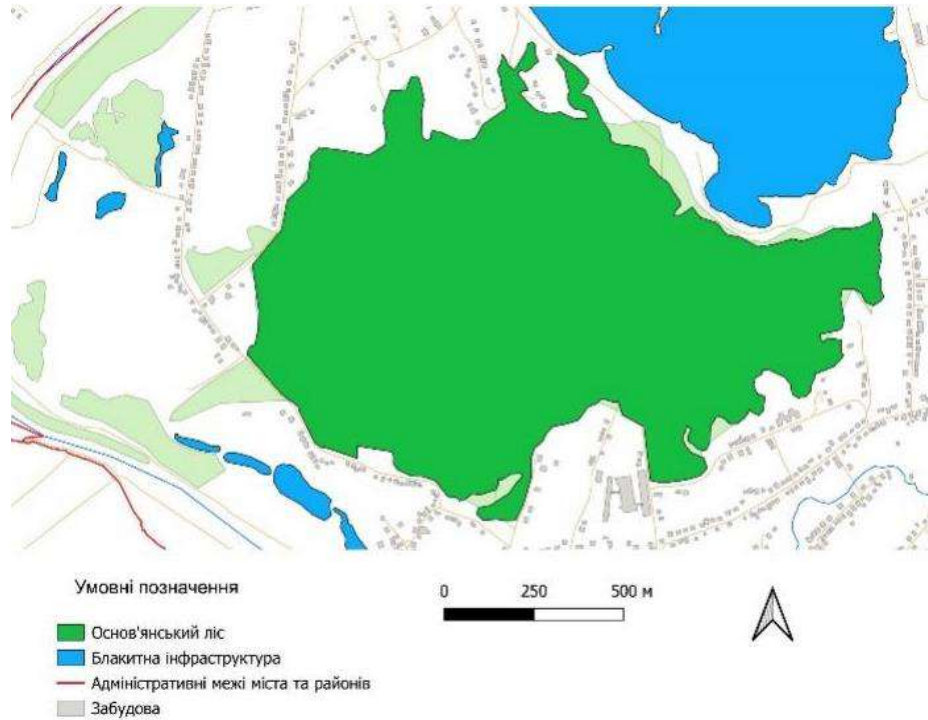


Рис. 3.35. Модельні ділянки об'єктів ПЗФ м. Харків для розрахунку вуглецевої ємності

Джерело: розроблено автором.

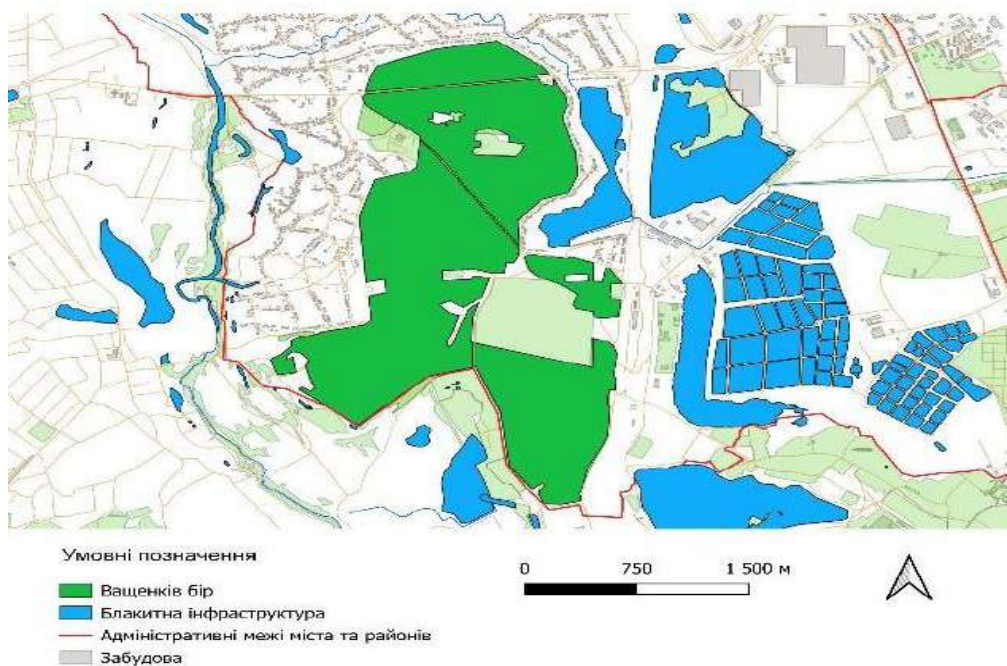


Рис. 3.36. Модельні ділянки об'єктів ПЗФ м. Харків для розрахунку вуглецевої ємності

Джерело: розроблено автором.

Для визначення вуглецевої ємності використовуються наступні показники: площа, породний склад, індекс породного складу, вік деревостанів, бонітет (кодування 1 і 2 та 3 і 4), тип лісорослинних умов, коефіцієнт типу лісорослинних умов, повнота, запас деревини м³, сухостій м³/га, захаращеність м³ на виділ.

За методикою [94, 95] розраховано показники вуглецевої ємності вище наведених територій природно-заповідного фонду та лісових ландшафтів в межах міста Харків. Результати розрахунків подано у таблиці 3.10

Таблиця 3.10

Запас вуглецю у насадженнях об'єктів ПЗФ та лісових ландшафтів

	запас С, т/га	жива фітоса, т/га	разом відмерла фітоса, С т	підстилка, т С	грунт, тС	загальний запас органічного вуглецю, Ст	запас органічного вуглецю, С т/га
РЛП «Сокольники-Помірки»	160,55	162,75	29,5	4223,24	290,0	184312,35	166,86
Лісовий заказник «Григорівський бір»	129,04	130,09	29,50	656,77	290,0	10863,42	142,94
Частина лісового масиву Холодногірського району	112,91	114,04	29,5	6040,31	290,0	114214,82	120,77
Лісовий масив Основ'янського району (Основ'янський ліс).	96,78	97,94	29,5	658,74	290	13122,63	105,83
Ващенків бір	80,65	81,83	29,5	1775,69	290	36173,91	86,87

Джерело: складено автором

Вихідні дані для розрахунку подано у додатку Г.

3.2.5 Оцінка впливу зеленої інфраструктури на міський тепловий острів

Для аналізу вихідних даних з наявності з просторового розміщення зеленої інфраструктури міста доцільно використовувати багатоспектральні дані дистанційного зондування Землі, які дають можливість для класифікації типу

земної поверхні. Одним з кількісних показників, який вказує на наявність рослинного покриву на досліджуваній території і який можна визначити засобами ДДЗ є індекс NDVI – нормалізований вегетаційний індекс. Наявність рослинного покриву у міському контексті впливає на формування і затримання поверхневого стоку; на прояви різних типів ерозії міських ґрунтів; на міське біорізноманіття; на формування міського острова тепла; формує мікроклімат території; рослинний покрив, зокрема деревні насадження, збільшують вуглецеву ємність території міста [97].

Багатоспектральні знімки земної поверхні було взято для літнього періоду:

- 21.06.2018 р.,
- 15.06.2019 р.,
- 04.08.2020 р.,
- 16.08.2021 р.,
- 18.08.2022 р.

Їх було опрацьовано за допомогою програмного забезпечення QGIS 3.30.2, з використанням інструменту «Калькулятор растрів». Основною вимогою є наявність багатоспектральних знімків досліджуваної ділянки за досліджуваний період з рівнем покриття хмарами до 20 % [97].

Так, для м. Харків у період вегетації максимальний показник нормалізованого диференційного вегетаційного індексу складає 0,6 одиниць (рис. 3.37-3.41), при нормальному значенні 1. Чим вище показник індексу, тим активніше є вегетаційний процес [97].

Отримані дані також свідчать про низьку щільність зеленої інфраструктури, а візуалізація даних надає можливість подальшого визначення проблемних ділянок міста, де необхідні технічні заходи з облаштування об'єктів зеленої інфраструктури, або заходів з підтримки наявної рослинності [97].

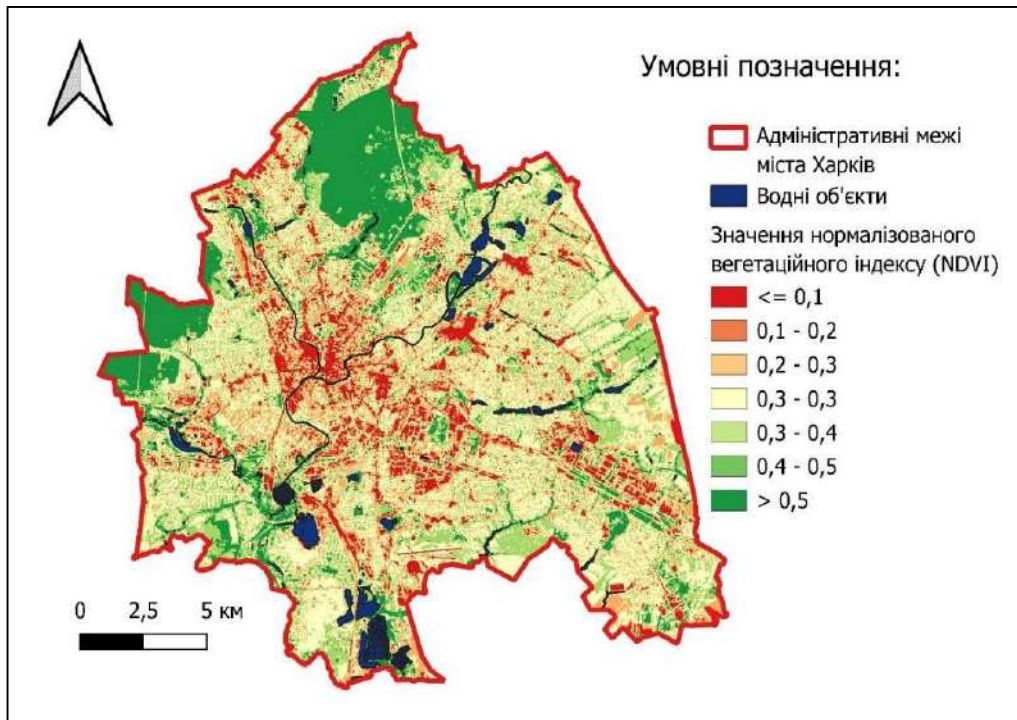


Рис. 3.37. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс м. Харків за 2018 рік

Джерело: складено автором

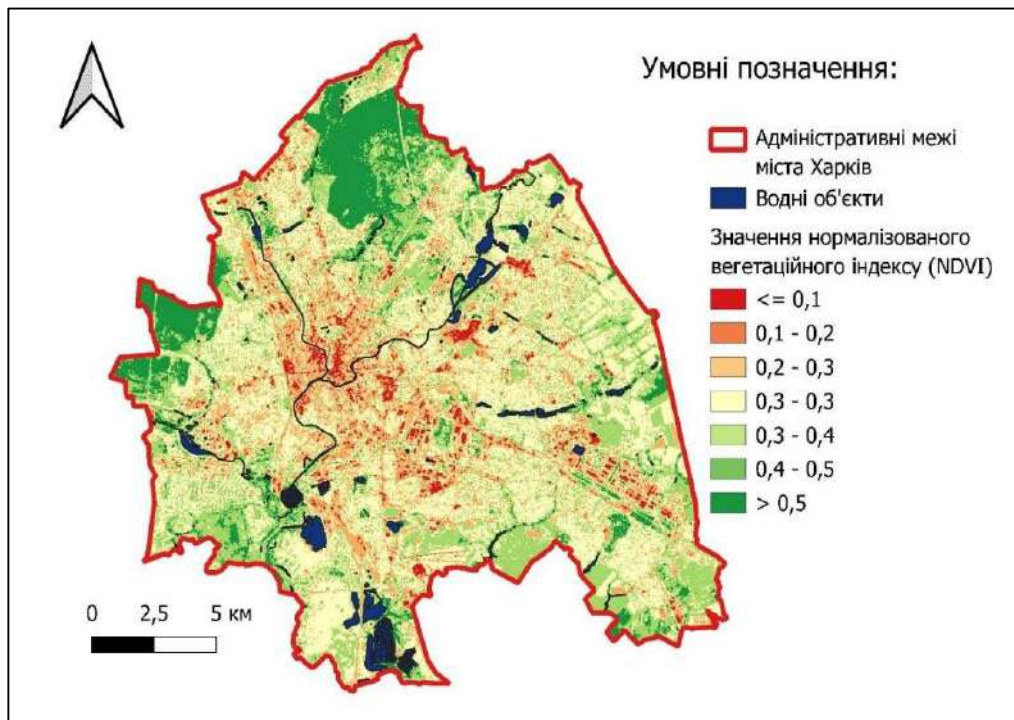


Рис. 3.38. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс м. Харків за 2019 рік

Джерело: складено автором

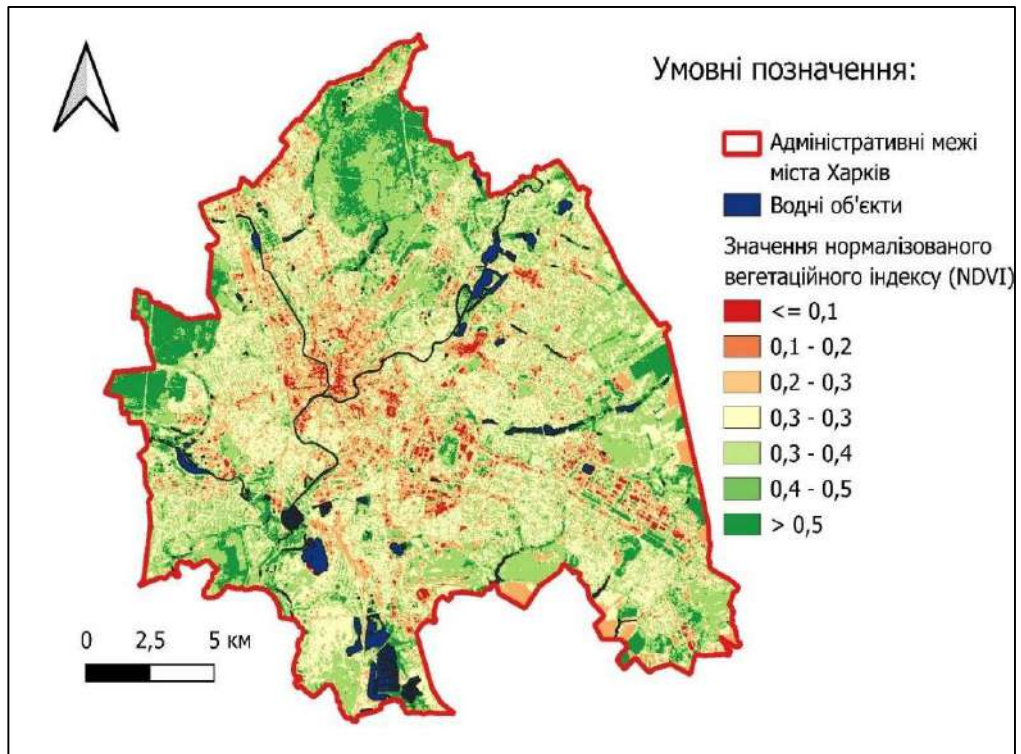


Рис. 3.39. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс м. Харків за 2020 рік

Джерело: складено автором.

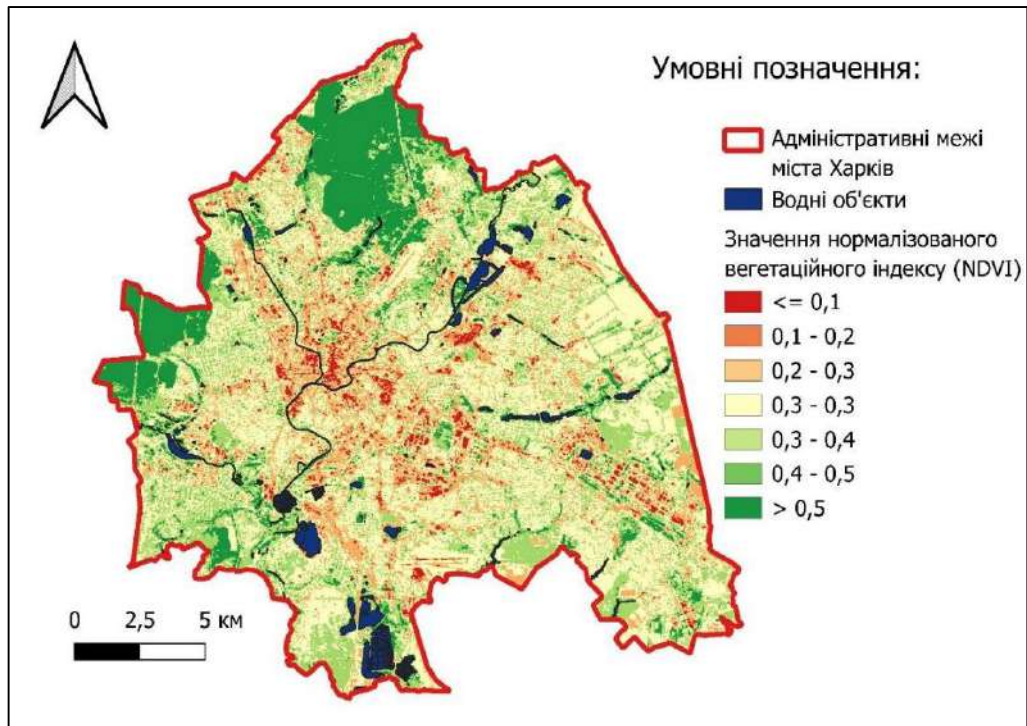


Рис. 3.40 Нормалізований диференційний вегетаційний індекс м. Харків за 2021 рік

Джерело: складено автором

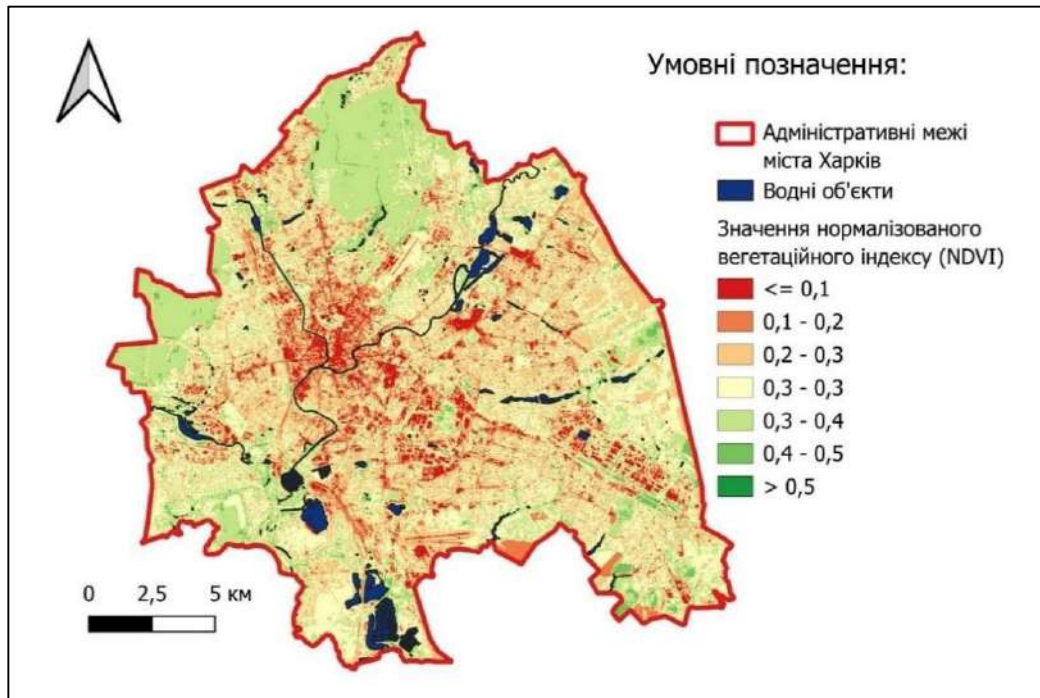


Рис. 3.41. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс м. Харків за 2022 рік

Джерело: складено автором.

Як видно з рис. 3.37-3.41 найбільш «біднішою» на рослинність є центральна частина міста Харків. Достатньо чітко проглядається житлова забудова, де значення індексу знаходиться у діапазоні 0,2-0,3, що пов'язано з наявністю у спальних кварталах міста прибудинкового озеленення, яким опікуються, як комунальні служби, так і місцеві жителі. Збільшення різноманітності об'єктів зеленої інфраструктури та видів трав'янистих та деревних рослин також у перспективі спонукатиме тварин і комах повернутися в міську територію, що допоможе покращити та підтримати міське біорізноманіття.

Наступним етапом можна передбачати польові дослідження ЗІ та створення відповідних картографічних творів зеленої інфраструктури.

У сучасних умовах розвитку міст, стрімкого росту рівня урбанізації та активної забудови призводять до все більш відчутного утворення теплових островів міста. Тепловий острів є одним з основних наслідків зміни клімату у містах [147].

Вчені вперше виявили ефект теплового острова в 1800-х роках, коли спостерігали, як у містах стає тепліше, ніж у навколишніх сільських районах, особливо влітку [148].

Тепловим островом називають явище, при якому температура повітря міста на декілька (1-3) градусів Цельсію вища, порівняно з температурою приміської і заміської зони. Щільна забудова будівель, дороги призводить до поглинання ними сонячного випромінювання, окрім того у разі відсутності зелених насаджень не відбувається процес евапотранспірації, що також впливає на формування міського острова тепла. Природні поверхні та рослинність змінюються складною тривимірною непроникною поверхнею, яка поглинає велику кількість сонячного випромінювання протягом дня, а потім ця енергія повільно вивільняється вночі, зберігаючи міські райони теплішими, ніж навколишня сільська місцевість, і призводячи до формування теплового острова. В результаті проявів явищ аномально високих температур, спостерігається зв'язок з підвищенням використання енергії для охолодження, що у свою чергу збільшує викиди забруднюючих речовин [149].

Зелена інфраструктура є одним з найефективніших методів зниження ефекту теплового острова міста. Автори [149] визначили, що зелена інфраструктура сприяє зменшенню ефекту теплового острова міста більше, ніж водойми та поверхні з високим альбедо.

Для оцінки формування міського острова тепла використовують сучасні інформаційні технології на основі дистанційного зондування земної поверхні.

Окрім того зелена інфраструктура впливає на якість атмосферного повітря. Інша група авторів [150] дослідили вплив лінійних захисних насаджень вздовж автомобільних доріг. Так, за результатами дослідження захисні насадження зменшують кількість наночастинок у повітря на 36 %. У свою чергу це опосередковано впливає на формування острова тепла та на стан здоров'я населення міста.

Тепловий острів міста – явище, при якому температура навколишнього середовища у містах вище, ніж у приміській зоні. В середньому різниця температур

складає близько 1-3°C, проте в окремих випадках може сягати вище 10°C [151].

Формуванню міського острова тепла сприяють наступні фактори:

- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
- тип підстилаючої поверхні – асфальтове покриття, бетон, дахи і стіни;
- тип та характеристика забудови, наявність або відсутність вітрових коридорів.

Першочергове визначення наявних теплових островів починається з дослідження хвиль тепла, які відповідно до визначення ВМО являють період, протягом якого максимальна добова температура повітря понад 5 послідовних днів перевищує середню максимальну температуру повітря цього дня за середній багаторічний період на 5°C [152].

Методи визначення інтенсивності, а також поширення явища теплового острова у міській території оцінюються за температурою повітря, а також за даними про температуру поверхні землі. Оцінка ефекту теплового острова за температурою повітря базується на даних гідрометеорологічних спостережень або польових замірів температури повітря. Оцінка за даними поверхні землі є не прямою оцінкою ефекту теплового острова, але стає все більш поширеною, оскільки дозволяє робити просторовий аналіз у регіональних та національних масштабах, а вихідні дані є у відкритому доступі [153].

Відомо, що дерева несуть найбільший ефект зменшення теплового острова, а зелені дахи можуть бути додатковою мірою при наявності великих площ, або використання інтенсивного типу. Інші об'єкти ЗІ можуть слугувати додатковими компонентами при зменшенні теплового острова.

Наприклад, реалізація ЗІ показала зниження температури поверхні до 0.06 °C між 14:00 і 15:00 влітку за рахунок додавання 30 % зелених дахів на площі, що моделюється (50 м × 50 м) [147].

Основною характеристикою міського острова тепла є його інтенсивність (ΔTL) [151].

Для оцінки ефекту теплового острова міста за показником температури поверхні використовуються показники відбитого випромінювання у інфрачервоному спектрі. Для такої оцінки оптимальними є дані супутників Landsat 5, 7, 8.

Було виділено знімки у літній період з 2018 по 2022 роки у такі дати:

- 21 червня 2018 року;
- 15 червня 2019 року;
- 04 серпня 2020 року;
- 16 серпня 2021 року;
- 18 серпня 2022 року.

Візуалізація ефекту теплового острова міста показана на рис. 3.42-3.46.

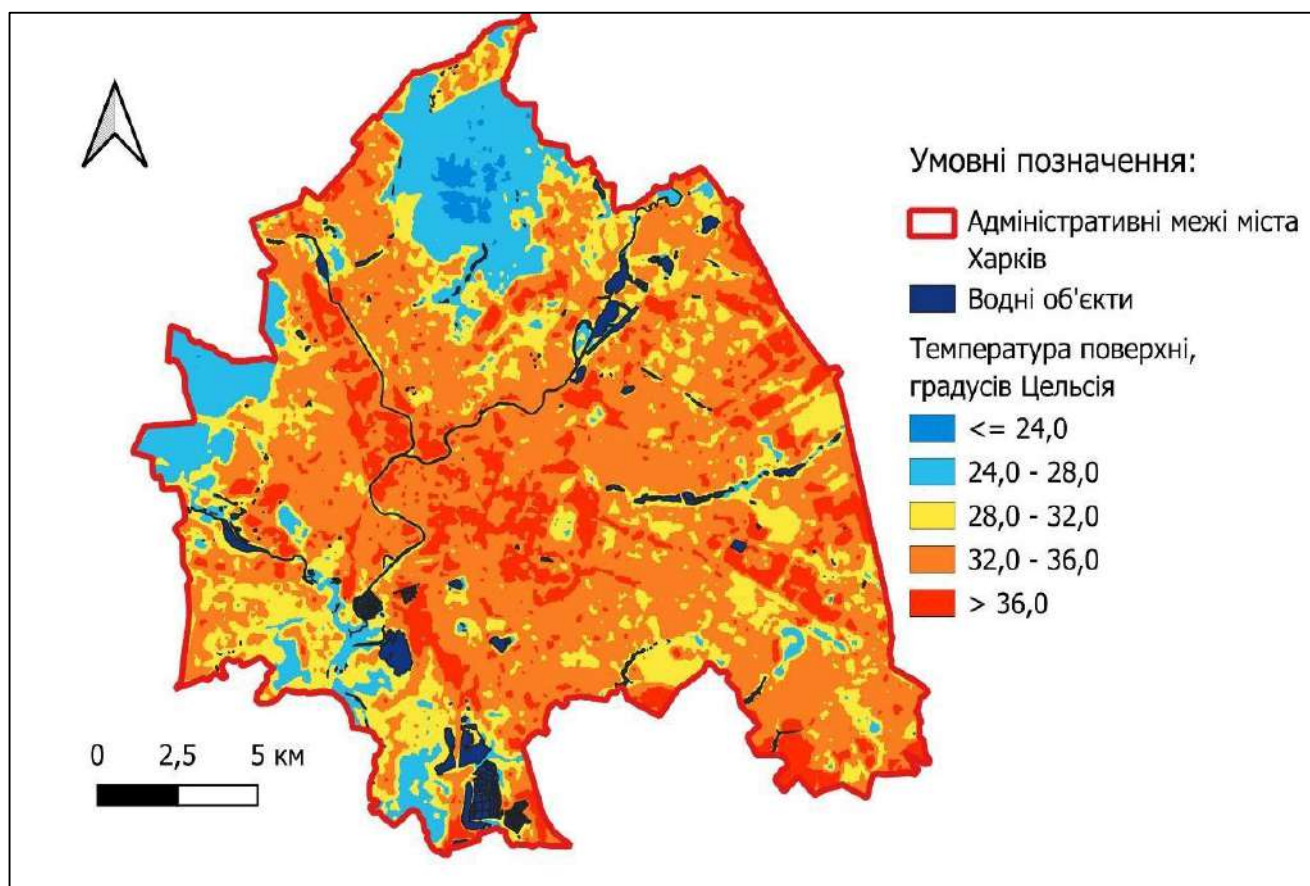


Рис. 3.42. Температура земної поверхні м. Харків у 2018 році

Джерело: розроблено автором

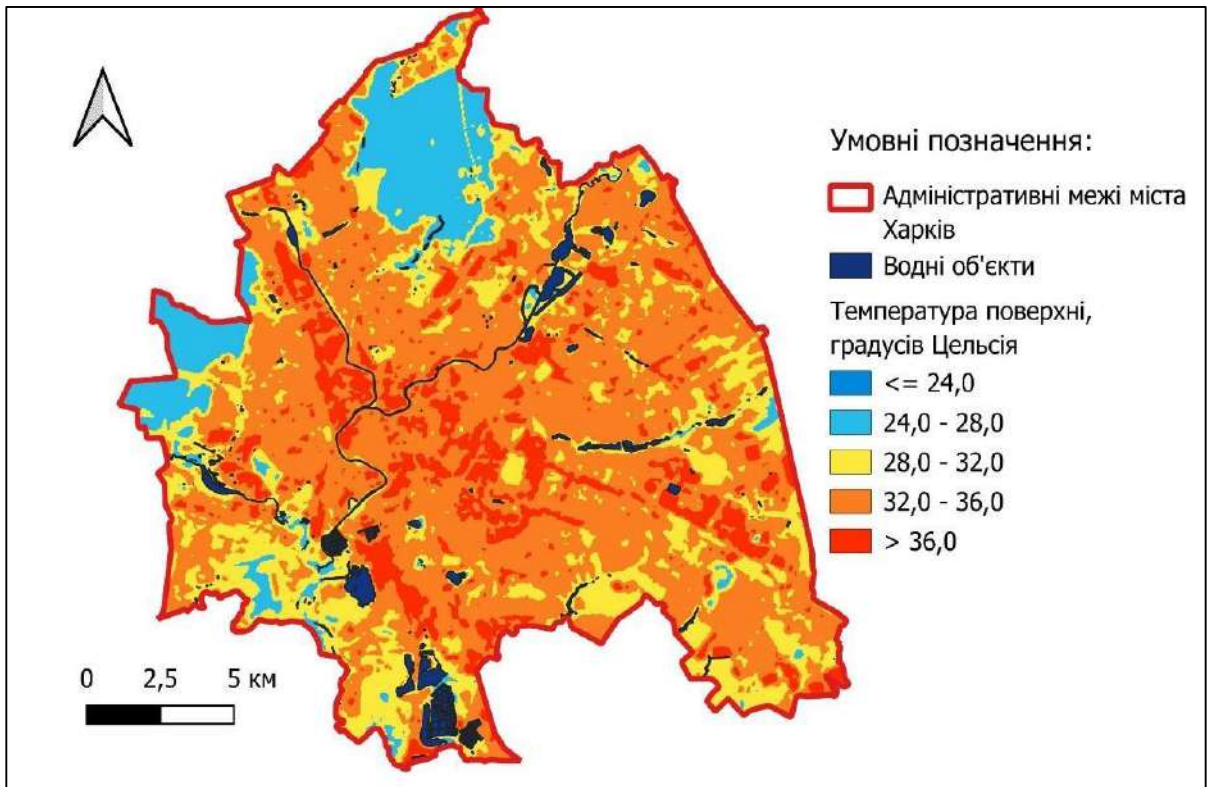


Рис. 3.43. Температура земної поверхні м. Харків у 2019 році

Джерело: розроблено автором

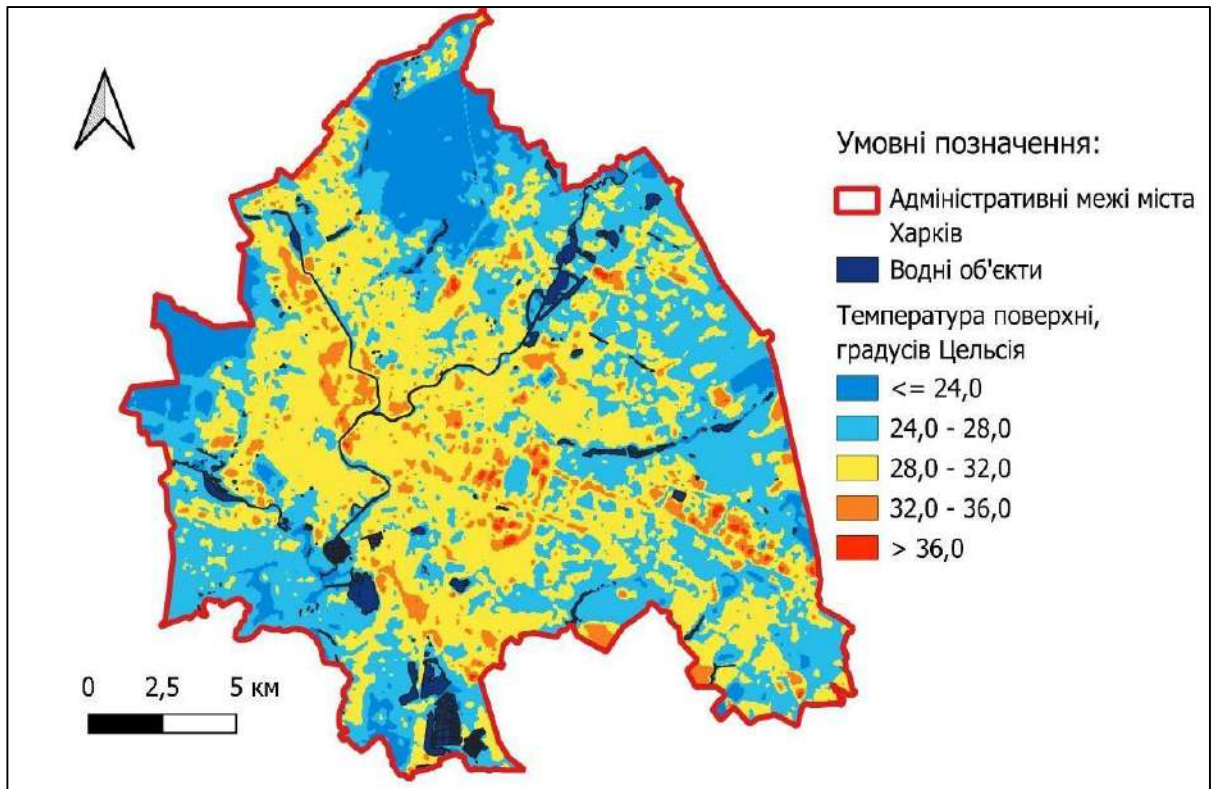


Рис. 3.44. Температура земної поверхні м. Харків у 2020 році

Джерело: розроблено автором

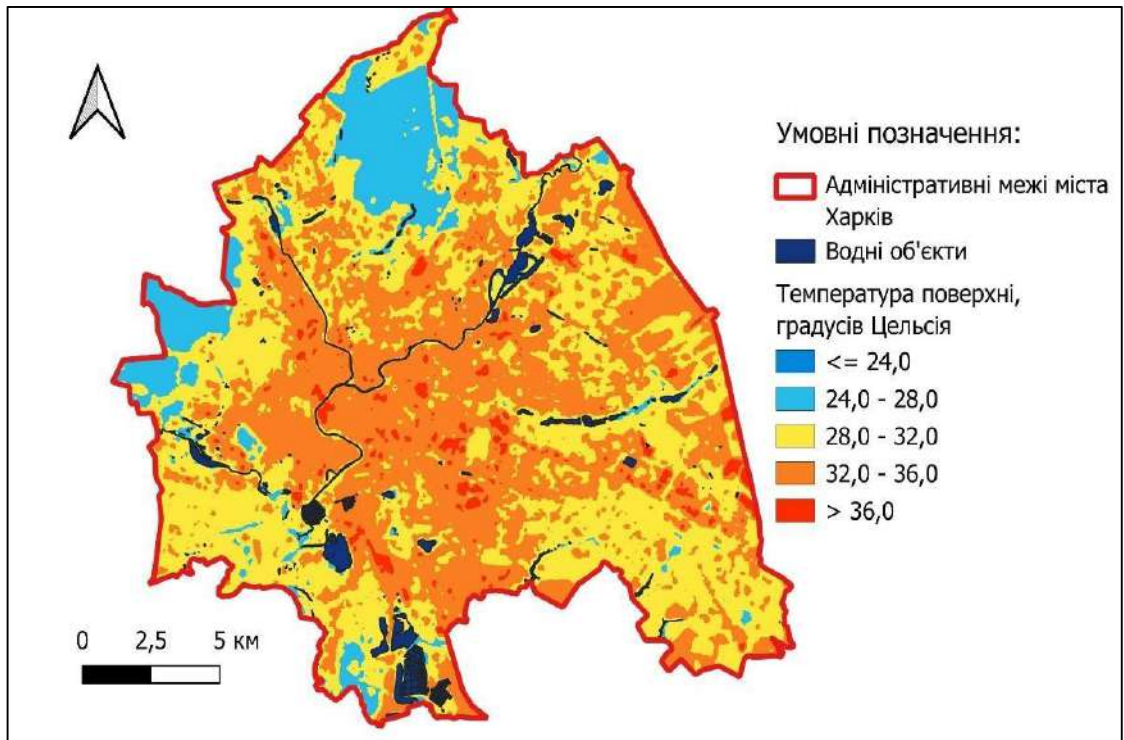


Рис. 3.45. Температура земної поверхні м. Харків у 2021 році

Джерело: розроблено автором.

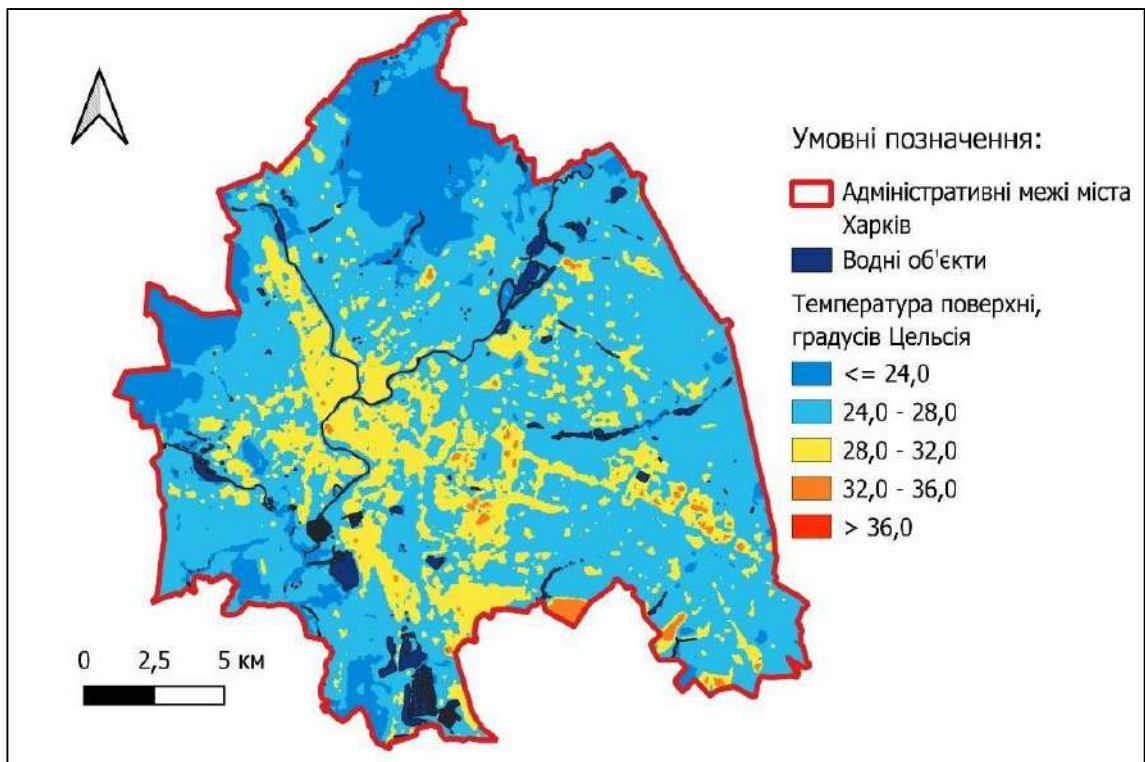


Рис. 3.46. Температура земної поверхні м. Харків у 2022 році

Джерело: розроблено автором

Карти міського острова тепла демонструють зменшення температури у зелених зонах міста, а також дають змогу визначити ті території, які найбільш потребують збільшення зелених зон. Як видно з рис. 3.42-3.46 найбільшого впливу на зменшення ефекту теплового острова міста впливають ядра зеленої інфраструктури – лісові насадження в межах міста, лісопарки, парки з щільною структурою зелених насаджень. Найбільшою температурою земної поверхні навпаки відрізняється центральна частина міста, яка має щільну забудову і також промислові території.

Порівняння візуалізованих даних нормалізованого вегетаційного індексу та ефекту теплового острова міста демонструє наявність так званих «гарячих точок» – територій з відсутністю рослинного покриву, або його сильно деградованого стану, коли виконання екологічних функцій не відбувається. Так, на всіх отриманих візуалізаціях (рис. 3.37-3.46) «гарячі точки» виділяються у центральній частині міста, яка характеризується щільною забудовою та промислові зони міста (зокрема промислова зона Слобідського району, Індустріального та Немишлянського). Також підтверджується здатність зеленої інфраструктури до зменшення ефекту теплового острова міста, оскільки озеленені території навпаки представляють так звані «холодні точки». Зв'язність об'єктів зеленої інфраструктури посилить позитивний вплив на формування ефекту теплового острова міста.

Заходи з розбудови зеленої інфраструктури, в умовах адаптації до змін клімату та забезпечення сталого розвитку урбогеосистем, є важливим викликом сьогодення і вимагає прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень.

Висновки до третього розділу

1. В рамках дослідження проведено інвентаризацію об'єктів зеленої інфраструктури загального використання для адміністративних районів міста. За допомогою ГІС-інструментів, а також польовими обстеженнями було зібрано інформацію про площу об'єктів, зв'язність об'єктів між собою та визначення проблем функціонування конкретних об'єктів ЗІ.

2. Багатофункціональність є одним з головних критеріїв ЗІ, тому в рамках дослідження було проведено оцінку забезпеченості населення ЗІ загального використання та ступінь озеленення для кожного з адміністративних районів міста. Було отримано наступні дані: Шевченківський район (ступінь озеленення – 36 %, забезпеченість – 96 м²/люд.), Основ'янський район (ступінь озеленення – 13 %, забезпеченість – 64 м²/люд.), Новобаварський район (ступінь озеленення – 5 %, забезпеченість – 15 м²/люд.), Холодногірський район (ступінь озеленення – 28 %, забезпеченість – 12 м²/люд.), Київський район (ступінь озеленення – 5 %, забезпеченість – 13 м²/люд.), Індустріальний район (ступінь озеленення – 2 %, забезпеченість – 5 м²/люд.), Слобідський район (ступінь озеленення – 3 %, забезпеченість – 5 м²/люд.), Немишлянський район (ступінь озеленення – 1 %, забезпеченість – 2 м²/люд.).

3. Результати оцінки шумозахисної функції ЗІ на прикладі Салтівського району м. Харків показала ефективність використання лінійного захисного озеленення. Щільний пояс рослинності здатен знизити рівень шумового навантаження на 20 дБ. Навпаки розрізнена рослинність, на прикладі парку Перемоги, в повній мірі не виконує шумозахисну функцію.

4. Проведення оцінки функції з очистки поверхневого стоку було зроблено на прикладі зелених дахів. Модельною ділянкою було обрано зелений дах седумного типу. Було визначено, що зелений дах є більшою перешкодою для відносно легких хімічних елементів, а також знижує концентрацію нітритів, аміаку, цинку та марганцю, заліза. Збільшення вмісту окремих елементів (запах, каламутність, залізо, цинк, мідь, марганець, кадмій) пов'язане зі специфічними

особливостями кожної території, де розташована зелена покрівля, і не мають регулярного повторення.

5. Розрахунок вуглецевої ємності було проведено для території Регіонального ландшафтного парку «Сокольники-Помірки» (Шевченківський район) – запас органічного вуглецю 166,86 т/га, лісовий заказник «Григорівський бір» (Новобаварський район) – запас органічного вуглецю 142,94 т/га, частина лісового масиву Холодногірського району – запас органічного вуглецю 120,77 т/га, лісові масиви Основ'янського району – Основ'янський ліс – запас органічного вуглецю 105,83 т/га та Ващенків бір запас органічного вуглецю – 86,87 т/га. Збільшенням площі дерев у структурі зелених насаджень міста, можна зменшити кількість вуглекислого газу в атмосфері.

6. Оцінку ефекту теплового острова міста проведено методами просторового аналізу багатоспектальних знімків земної поверхні. Результати дослідження показали, що найбільшого впливу на зменшення ефекту теплового острова міста завдають ядра зеленої інфраструктури – лісові насадження в межах міста, лісопарки, парки з щільною структурою зелених насаджень. Найбільшою температурою земної поверхні навпаки відрізняється центральна частина міста, яка має щільну забудову і також промислові території.

7. На основі проведених оцінок функцій було визначено ефективність їх виконання зеленою інфраструктурою міста та окремими її об'єктами. При цьому визначено і проблеми функціонування зеленої інфраструктури міста Харків та її об'єктів, що дає підґрунтя для визначення напрямків оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків.

Результати проведених наукових досліджень, викладених у розділі 3, опубліковані у наукових працях автора [2, 87, 97, 98, 100, 113, 119, 120, 133, 135, 146].

РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ М. ХАРКІВ

4.1 Оптимізація зеленої інфраструктури в м. Харків

Проблемами управління зеленої інфраструктури є відсутність механізму впливу громади на прийняття рішень, використання старих управлінських практик. Так, наприклад, прийнято в межах парку покривати всі ділянки рулонним газоном, що потребує дорогого догляду та частого покосу, що призводить до послаблення кореневої системи і, як наслідок, зменшення його стійкості. При цьому, газонні ділянки недоступні для відпочинку населення.

До інших проблем можна віднести:

- вирубку насаджень вздовж автотранспортних шляхів, в результаті їх розширення;
- закритість даних щодо інвентаризації зелених насаджень;
- хвороби міських деревостанів, а саме – омелою білою (*Viscum album*);
- забруднення малих річок та відсутність програм щодо їх відновлення;
- забудова території;
- низький рівень екологічної освіти населення та активної громадянської позиції [89].

Для поліпшення ситуації необхідне прийняття місцевих політик, кооперація місцевої влади та науковців, активного залучення громадян до процесів прийняття рішень [155, 156].

Результати дослідження з оцінки екологічних функцій зеленої інфраструктури показали, що по-перше, об'єкти ЗІ здатні виконувати екологічні функції, по-друге якість надання цих функцій залежить від просторового планування об'єктів ЗІ, їх якісного та кількісного стану. Тобто можна вважати, що зелена інфраструктура відповідає одному з її головних критеріїв – багатофункціональності.

Дослідження зеленої інфраструктури міста Харків ілюструють наявні в урбосистемі проблеми з просторового розподілу об'єктів ЗІ. Таким чином, оптимізація ЗІ м. Харків повинна базуватись на визначенні конкретних

«проблемних» місць у локальному масштабі і забезпеченні виконання планованими для включення або розширення до ЗІ об'єктами своїх екологічних функцій.

Одним з популярних напрямків озеленення міст є облаштування міських садів, які є доступними для широкого кола населення. Міський сад – це місце, де люди займаються вирощуванням, переважно продуктів харчування, у міських районах та навколо них. В основному це традиційне вирощування сільськогосподарських культур, але в міських центрах. Ідея садів та сільськогосподарських ділянок у місті не нова. У давні часи, а також у середні віки, землеробство було невід'ємною частиною життя міста, а будинки з садами були загальною рисою міського пейзажу. Міські сади є об'єктами зеленої інфраструктури та забезпечують екологічні та соціальні переваги [157-159].

Зростання рослин у міських районах відбувається у багатьох формах і залежить від різних факторів, таких як простір землі, рельєфу та типів рослин. Таким чином, міське садівництво можна виконувати по-різному і включати такі аспекти, як сади громади, міські ферми та програми аквапоніки чи гідропоніки.

Для Харкова планується облаштування міських садів у зелених зонах (міські парки) поблизу житлових зон (щільних багатоповерхівок).

Наприклад, пропонується створити міський сад у парку «Зустріч». Територія парку «Зустріч» розділена автомагістраллю у чотири полоси, та тролейбусним колом. Конструктивно цю проблему можливо вирішити за рахунок оновлення існуючих пішохідних переходів з використанням островів безпеки. Естетичну цінність парку також зменшує проходження через нього високовольтної ЛЕП (рис. 4.1).

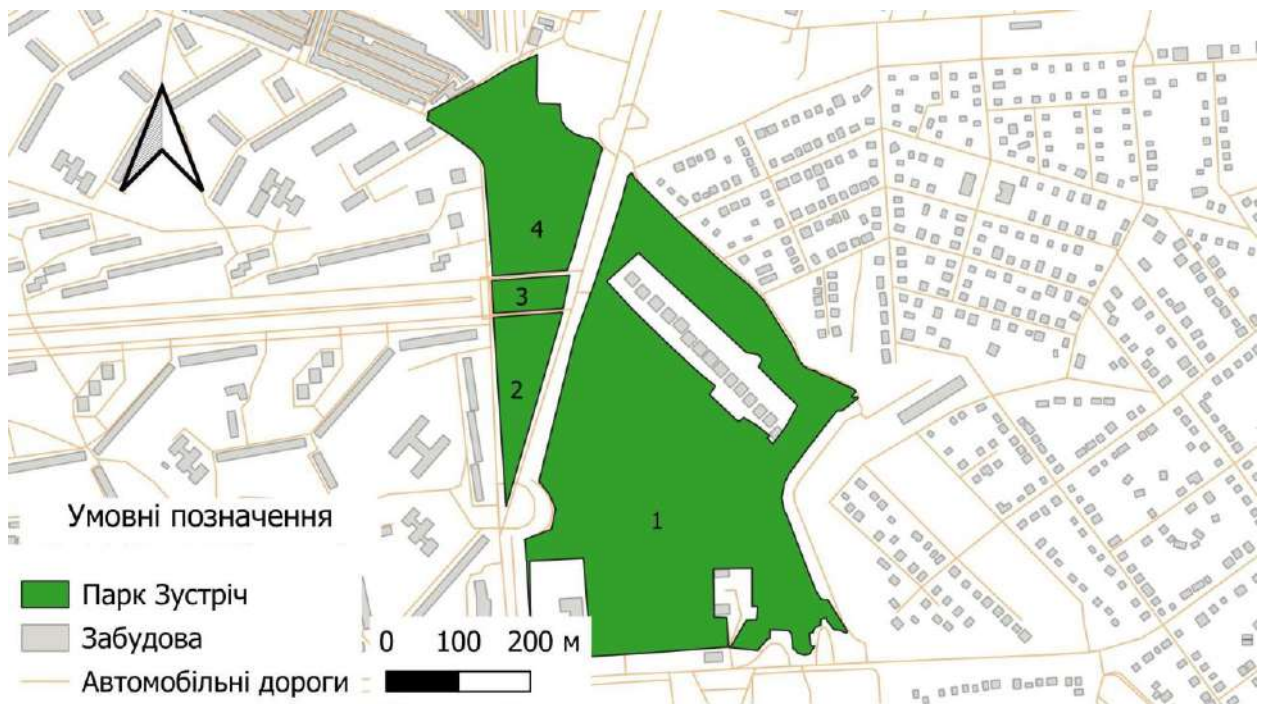


Рис. 4.1. Розташування парку Зустріч та прилеглих до нього озелених територій

Джерело: побудовано автором на основі даних Open Street Map.

Поблизу території парку щільна житлова забудова. Ця забудова була створена для працівників промислових підприємств, які переїхали сюди з сільської місцевості, у середині ХХ сторіччя. Саме це населення історично має реалізувати бажання працювати на землі [157].

До етапів підготовчих робіт міського саду відносяться:

1. розчищення ділянки, вивезення сміття;
2. робота з ліквідації бур'янів;
3. розбудова грядок для вирощування;
4. посадка фруктів та овочів.

Таким чином, такий міський сад може стати першим подібним об'єктом у Харкові. Історично склалося так, що лише власники приватних садиб у містах України можуть мати власні ділянки для вирощування. Міські сади дають можливість приєднатися до вирощування органічних продуктів, посадки, обслуговування саду та збору продуктів і жителям багатоквартирних будинків [157].

Обґрунтування створення міського саду має певні особливості. Наприклад, якщо мова йде про створення міського саду в межах вже існуючої рекреаційної зони або садово-паркової ділянки, то у такому випадку він буде виконувати переважно соціальні функції. Однак, якщо ділянка для створення потребує робіт з благоустрою і віднесення її вже до рекреаційної зони – тоді допустимо говорити про розширення наявної зеленої інфраструктури загального використання.

На основній (№ 1 на рис. 4.1) території парку розташована зона відпочинку з альтанками, конюшня, алеї, друга ділянка виділена, як місце для вигулу собак (№ 2 на рис. 4.1), також там розташована каплиця. Третя ділянка слугує розмежувальною частиною в'їзду на Жасминовий бульвар, і четверта ділянка, площею 3,9 га, знаходиться у занедбаному стані, саме через неї проходить високовольтна лінія електропередачі, окрім того там знаходиться несанкціонований цвинтар домашніх тварин і вона має сусідство з АЗС (рис. 4.2). За кадастровими даними ця ділянка входить до комунальної власності, тому конфлікту з зацікавленими сторонами не виникає.



Рис. 4.2. Схема розташування ділянки № 4 та розміщення міського саду за даними Open Street Map (А) та Google Earth (Б)

Джерело: побудовано автором на основі даних Open Street Map та Google Earth

Орієнтуючись до досвід створення центру міського садівництва [40], пропонується взяти саме цю ділянку для облаштування міського саду.

Для уникнення конфлікту природокористування раціонально вибрати південну частину ділянки, на відстані від ЛЕП та від АЗС.

Ця територія не використовується для відпочинку та рекреації, хоча має певний потенціал до цього.

На рис. 4.3 схематично зображено міський сад на досліджуваній ділянці.



Рис. 4.3. Схема розміщення міського саду у Слобідському районі м. Харків

Джерело: розроблено автором.

Вартість облаштування міського саду складається з вартості на підготовчі роботи, облаштування ділянок для вирощування продукції, вартість саджанців. Останнє можна уникнути за рахунок активної участі міського населення та їх волонтерських ініціатив.

Облаштування дощових садів

Основне функціональне призначення дощових садів – це перш за все затримання поверхневого стоку. Для дощового саду не вимагаються великі території, проте важливим є підключення до загальноміської системи каналізації під ним. Вибір ділянок облаштування дощового саду або дощової канами має

спиратися на визначенні ділянок, які найбільш потерпають від опадів і у період зливових дощів та сніготанення. Схема облаштування показана на рис. 4.4.



Рис. 4.4. Схема облаштування дощового саду

Джерело: розроблено автором на основі [40].

Відповідно до значення нормалізованого вегетаційного індексу (NDVI) та просторового розподілу ефекту теплового острова міста, можна визначити ділянки з найменшою кількістю рослинності, яка у свою чергу поглинає та затримує поверхневий стік.

Отже, для створення дощових садів запропоновано ділянки вздовж основних автотранспортних шляхів міста, які найбільше потерпають у періоди інтенсивних опадів, а саме – вздовж проспекту Героїв Харкова, вул. Шевченка, проспекту Гагаріна, вул. Клочківській, вул. Полтавський шлях (рис. 4.5).

Дощові сади варто влаштовувати поряд з системою ливневої каналізації по обом напрямкам руху. Також облаштування дощового саду можливе у місцях розміщення островів безпеки, як один з варіантів їх озеленення (рис.4.6).

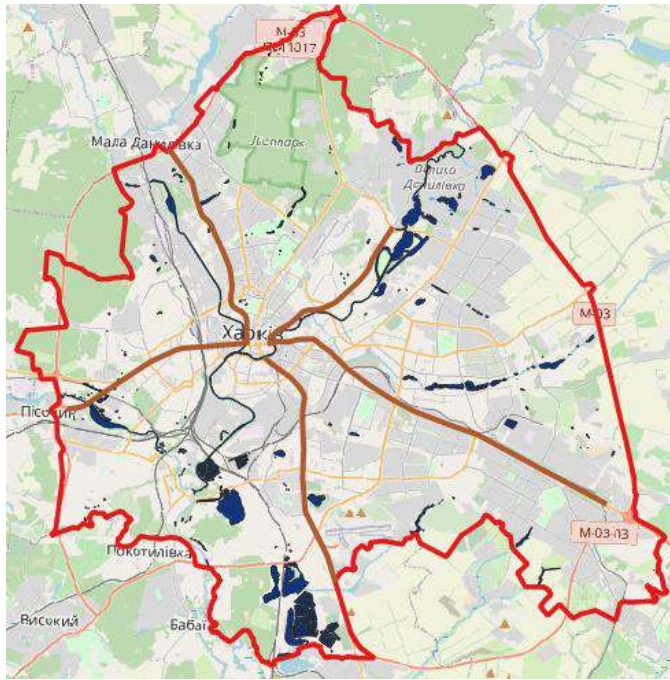


Рис. 4.5. Вулиці, вздовж яких пропонується розміщення дощових садів

Джерело: розроблено автором

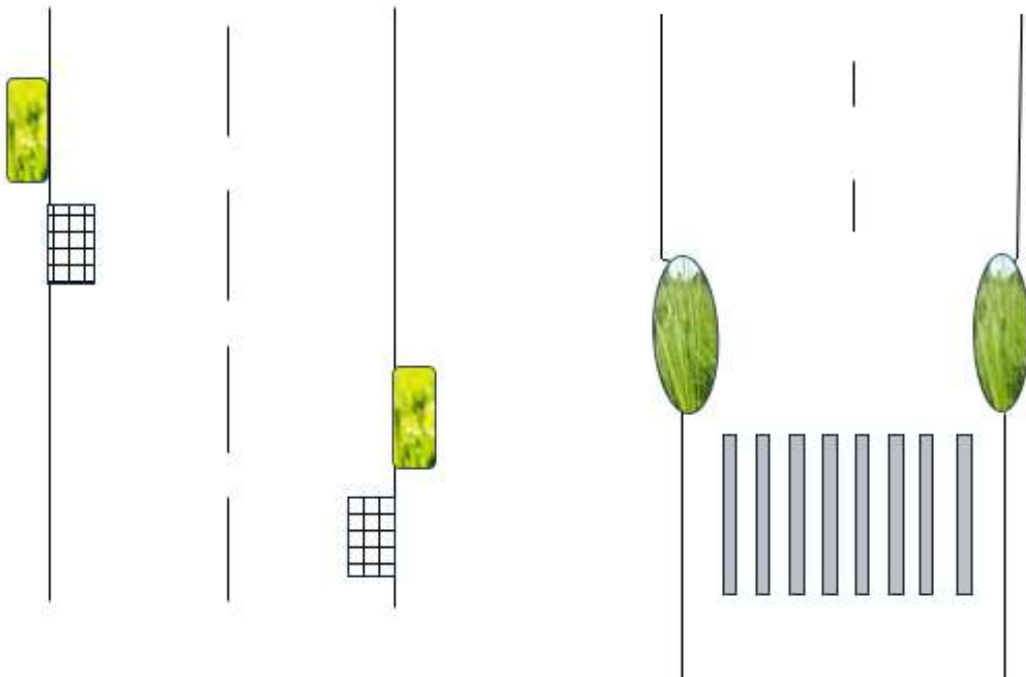


Рис. 4.6. Облаштування дощових садів вздовж автотранспортних шляхів (а – не займаючи проїзну частину, б – займаючи проїзну частину при звуженні дороги перед пішохідним переходом)

Джерело: розроблено автором.

Вартість облаштування дощових садів залежить від локації, розміру дощового садка, матеріалів для його облаштування і оплати праці. У Львові вартість дощового садка площею 15 м² становила близько 30 тис. грн.

Зелені зупинки

На 2021 рік в місті Харків наявні 1408 зупинок громадського наземного транспорту [160]. Більшість з них побудована з металевих конструкцій та скла, що має певні недоліки:

1. скляні частини конструкцій зупинок громадського транспорту досить часто пошкоджуються і потребують повної заміни;
2. металеві та скляні частини не є суцільними, тому не захищають під час опадів та сильного вітру, влітку навпаки – скляні частини пропускають сонячні промені, а металеві конструкції нагріваються.

Середня площа одного майданчика зупинки громадського транспорту складає 6 м². Тобто загальна площа територій зупинок складає 8,4 км².

Методи облаштування зелених зупинок базуються на використанні озеленення частин конструкцій та використання природних матеріалів (наприклад, деревини). Так, на конструкції зупинки може бути облаштовано зелений дах седумного типу разом з облаштуванням системи дренажу та навіть дощового саду за зупинкою вздовж довшої сторони (рис. 4.7). У комплексі така система може затримувати до 90 % поверхневого стоку з подальшим, поступовим випуском води в міську систему каналізації.

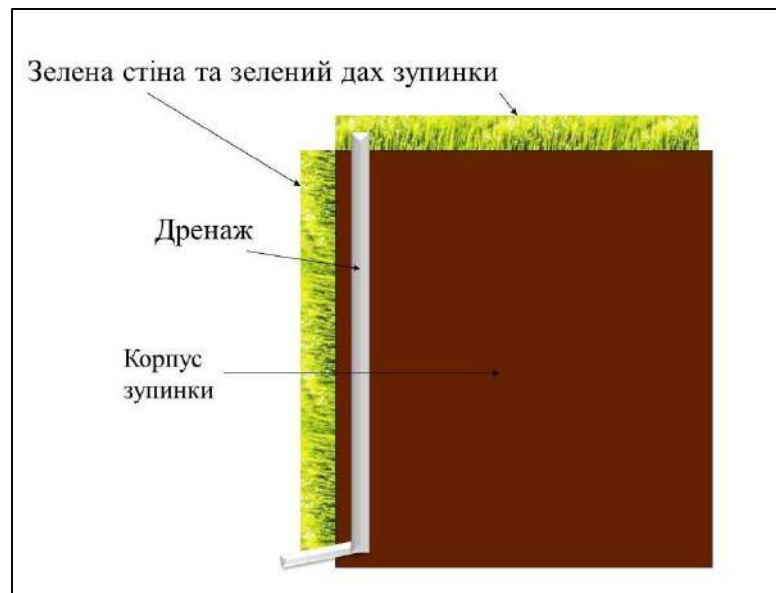


Рис. 4.7. Схема облаштування зелених зупинок

Джерело: розроблено автором на основі [40].

Зелена стіна зеленої зупинки може бути облаштована різними видами:

- з використанням в'юнких рослин, які закріплюються на металевих конструкціях на задній стіні зупинки;
- з облаштуванням контейнерів з ґрунтом, з якого по металевій конструкції ростуть рослини;
- рослини ростуть з контейнерів, що закріплені до стіни вертикально чи в конструкції стіни горизонтально.

Вартість створення таких зупинок залежить від матеріалів для конструкції зупинки, її, оплати будівельних робіт, вартості саджанців для даху та стіни та вибору облаштування (контейнерний чи на металевій конструкції).

Реновація територій промислової зони міста

Оптимізація зеленої інфраструктури міста також включає реновацію території промислових підприємств, які знаходяться або в занедбаному стані, або використовуються частково різними юридичними особами.

Найбільші промислові зони міста розташовані в Індустріальному, Немишлянському та частково Салтівському районах (промислова зона вздовж

проспекту Героїв Харкова); Слобідського (завод імені Малишева), Основ'янського району (вздовж проспекту Гагаріна та залізничних сполучень).

В переважній більшості промислові підприємства працюють не на повну інтенсивність ще з початку 90-х років. Ще однією особливістю промислових зон є те, що з часом великі промислові комбінати були розподілені між різними власниками, які перебудовували, ремонтували промислові будівлі під потреби саме свого виду діяльності. Відбувається це без використання природоорієнтованих рішень, оскільки власники, як правило обирають найбільш прості та дешеві у короткотерміновому баченні варіанти.

Зелена інфраструктура промислових районів виконує функції з регулювання поверхневого стоку, зменшення теплового острова міста. Однак ці території є спеціального призначення, тому не можуть використовуватися населенням для рекреації, проте об'єкти ЗІ на території підприємств можуть використовувати працівники (наприклад, зелений дах інтенсивного типу).

Ще однією особливістю саме промислових зон міста є застарілість системи каналізації, її засмічення впродовж років та бетонування її окремих ділянок власниками або орендарями земельних ділянок. Саме тому для таких територій доцільно використовувати систему облаштованих зелених садів та канав. Також на території промислових зон можна облаштовувати ділянки газону з використанням різнотрав'я.

Відновлення занедбаних ділянок на прикладі зеленої зони Немишлянського району.

Ця зона розділяє два райони – Немишлянський і Індустріальний. Відповідно до історичних даних ця ділянка представляє собою старе русло річки Жихорець, яке з розбудовою житлового масиву було осушене та засипано.

Наразі під землею проходить тепла магістраль, на її території розташовано гаражний кооператив, спортивне поле у розбитому стані, льохи місцевого населення, а також проходить лінія електропередачі. Схема ділянки для відновлення показана на рис. 4.8.

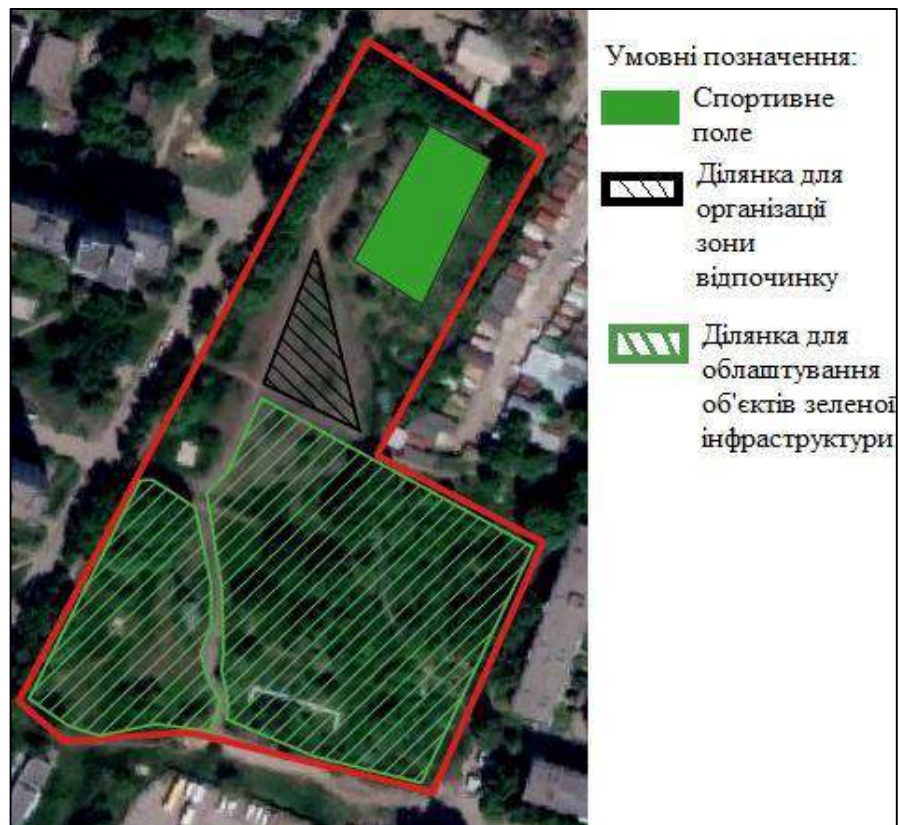


Рис. 4.8. Розташування ділянки для відновлення в Немишлянському районі
Джерело: розроблено автором

На початку 2000-х років на її території було розміщено дитячі майданчики, спортивне поле було заасфальтоване і зроблене для гри у баскетбол. Проте з часом, дитячий майданчик було розібрано, спортивне поле було засмічено побутовими відходами.

При цьому до найближчої зони відпочинку (сквер «Гулівер», бульвар Юр'єва) місцеве населення має пройти від 1 км до 2 км. Тому відновлення цієї ділянки є досить актуальним проектом для забезпечення потреб місцевого населення у зелених зонах.

Пропонується наступний проект облаштування об'єкту зеленої інфраструктури

Підготовчі роботи включають:

- визначення зонування території, з урахуванням особливостей ділянки (ЛЕП, теплова магістраль тощо);
- розчистка ділянки;

- відновлення спортивного майданчика;
- встановлення освітлення;
- озеленення – висадка дерев, висадка газону, в тому числі різнотрав'я відповідно до зонування.

Відновлення заплави і русла річок.

Не менш важливим у відновленні або створенні об'єктів зеленої інфраструктури є прив'язка до природного ландшафту, і хоча у випадку високо урбанізованих територій це досить складно, але не є неможливим.

Наприклад, заплава річки Немишля із довжиною у межах міста близько 13 км, яка є притокою річки Харків. Протікає трьома районами міста і має дві руслові водойми – Краснополянське та Петренківське (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Річка Немишля

Джерело: розроблено автором

Відновлення заплави і русла малих річок є також одним з напрямків відновлення і розширення зеленої інфраструктури міста.

Серед підготовчих робіт варто виділити наступні:

- прибирання території;
- розчистка самого русла
- визначення рекреаційних зон для відпочинку населення та їх облаштування

В Європейському Союзі активно розвивається напрям відновлення русел малих річок. Такий напрямок відповідає Стратегії зеленої інфраструктури [5].

Витрати для відновлення заплави річки залежать від необхідності усунення дамб або інших перешкод, розчищення русла річки, рекультивації земель, відновлення рослинного покриву та заболочених ділянок, встановлення рекреаційних зон.

Модульні об'єкти ЗІ.

Як вже зазначалось, відведення значних територій для розбудови ядер або коридорів зеленої інфраструктури не завжди можливо у сучасних умовах урбанізованої території. Оптимальним рішенням може бути локальне озеленення – окремі насадження дерев, клумби, вертикальне озеленення будівель.

Такі приклади локального використання, так званих модульних об'єктів озеленення, вже використовували у Харкові, для озеленення площі Свободи, на території саду Шевченка. Вони мають певні переваги:

- площу і конфігурацію об'єктів можливо підібрати відповідно до умов архітектурних і ландшафтних умов;
- такі об'єкти є мобільними, що робить можливим їх використання на різних ділянках відповідно до зміни міських умов, проведення міських заходів тощо.

Міські модульні системи здатні виконувати також частину екологічних функцій. Так, одне дерево здатне утримувати близько 2 л. води на добу, а разом з іншими об'єктами зеленої інфраструктури зменшують ефект теплового острова. Крім того, вони виконують естетичні та культурні функції, озеленюючи урболандшафт.

Так для збільшення зеленої інфраструктури м. Харків пропонується використання модульних об'єктів озеленення:

- модульні насадження дерев, площею до 1 м²;
- модульні квіткові композиції з рослинами запилювачами, однорічними та багаторічними видами.

Вартість облаштування таких об'єктів залежить від умов ринку і особливостей облаштування (наприклад для основи використовувати вторинні матеріали, залучати волонтерів та активістів).

Загалом при коригуванні територіальної організації міських ландшафтів слід враховувати також функції з очистки та регулювання поверхневого стоку, шумозахисну функцію, та інші функції ЗІ, з забезпеченням просторової зв'язності всіх об'єктів зеленої інфраструктури.

Озеленення дахів і фасадів будівель є природним рішенням у стійкій архітектурі, яке може відновити втрати природного середовища в густонаселених міських районах.

Загалом для міста Харків визначено наступні рекомендації:

- відновлення прибережної зони річок;
- встановлення зелених стін на фасадах (для проєктів нового будівництва);
- вставлення зелених дахів на будівлях різного призначення;
- розробка системи зелених коридорів (озеленені бульвари, річки та канали, включаючи їх береги, лінійні захисні насадження вздовж автомобільних та залізничних шляхів);
- облаштування зеленого паркінгу на нових і реконструкція старих паркувальних майданчиків;
- ефективне управління природоохоронними територіями в межах міста;
- відкритість даних про зелену інфраструктуру міста для населення у векторному форматі на міському веб-порталі з описом екологічних функцій об'єктів ЗІ та з атрибутивною інформацією стан насаджень, вік, наявність пошкоджень або захворювань тощо;
- активне залучення громадськості до створення та підтримки об'єктів зеленої інфраструктури.

Парки, сквери та сади, незалежно від їх функціонального використання та доступності, займають досить великі площі, тому створення нових парків та полігональних об'єктів може спричинити конфлікт інтересів різних землекористувачів.

Зелені дахи мають найбільший потенціал для послаблення шуму, і на певних формах дахів вони можуть зменшити шум до 7,5 децибел. Має також інші важливі екологічні переваги, такі як поглинання вуглекислого газу, покращення якості

повітря, зменшення ефекту міського теплового острова, збільшення міського біорізноманіття та збільшення привабливості вулиць і дахів [87].

Зелені стіни залежно від конструкції та підкладки можуть максимально зменшити зворотне відбиття шуму та передачу вперед від стіни [87].

Зелені коридори в містах – це лінійні зони зелених насаджень. Вони створюються не тільки вздовж природних об'єктів, таких як річки, а й уздовж автомобільних доріг, залізниць тощо. Як показано в цьому дослідженні, саме лінійні насадження можуть знизити рівень шуму приблизно на 20 децибел.

Зелена парковка – це новий спосіб для міст бути екологічно більш стійкими. Вони не мають істотного впливу на рівень шуму в містах, але водночас роблять житловий простір зеленішим, а не сірим.

Подальша розробка плану зеленої інфраструктури повинна базуватись на оцінці її екосистемних послуг, тобто переведення її екологічних функцій у грошовий еквівалент, що сприятиме підвищенню ефективності управлінських рішень. Зелена інфраструктура міста надає такі екосистемні послуги:

- послуги з регулювання:

- регулювання поверхневого стоку в місті – контроль забруднення, підживлення підземних вод, протипаводкові;

- очищення повітря – дерева та інші рослини також відіграють важливу роль у регулюванні якості повітря шляхом видалення забруднюючих речовин з атмосфери;

- регулювання клімату – впливає на клімат як локально, так і глобально. Наприклад, у локальному масштабі зміни ґрунтового покриву (озеленення) можуть впливати як на температуру, так і на опади;

- запобігання ерозії ґрунтів – рослинність надає життєво важливу регуляторну службу, запобігаючи ерозії ґрунтів;

- зелені насадження створюють буфер від стихійних лих, таким чином запобігаючи можливої шкоду, підвищуючи здатність адаптуватися до наслідків зміни клімату;

- секвестрація вуглецю – регулювати глобальний клімат шляхом зберігання та секвестрації парникових газів. Древа та рослини можуть видаляти вуглекислий газ з атмосфери та ефективно замикати його у своїх тканинах;

- *культурні послуги:*

- естетичні цінності – багато людей знаходять красу або естетичну цінність у різних аспектах екосистем, що виражається в підтримці парків і житлових районів, виборі місць для проживання;

- суспільні відносини – впливають на типи суспільних відносин, що встановлюються на певній території;

- відпочинок та благополуччя людини – люди часто вибирають, де провести вільний час, частково виходячи з особливостей природного чи культурного ландшафту певної місцевості. Прогулянки та заняття спортом у зеленій зоні є не тільки гарною формою фізичного навантаження, але й дозволяють людям розслабитися. Все більше визнається роль, яку зелені насадження відіграють у підтримці психічного та фізичного здоров'я;

- *супровідні послуги:*

- вплив на загальний біохімічний цикл;
- підтримка та вплив на глобальний гідрологічний цикл.
- середовище проживання видів та біорізноманіття.

Створення об'єктів зеленої інфраструктури, таких як зелені дахи, зелені стіни, зелені коридори, дощові сади та зелені паркінги, не потребує великих територій та капітальних вкладень. Однак вони можуть значно зменшити шумове забруднення в цій місцевості, регулювати поверхневий стік, покращувати самопочуття людей, зменшити вплив міських теплових островів та збільшити міське біорізноманіття [87].

Висновки до четвертого розділу

1. Оптимізація ЗІ базується на аналізі попередньої оцінки її екологічних функцій. Результати оцінки функціональності ЗІ вказали на проблеми у певних районах міста Харків. Для оптимізації ЗІ запропоновано локальні проекти з використання окремих об'єктів ЗІ та комплексних рішень для міста.

2. Для збільшення забезпеченості міського населення зеленою інфраструктурою загального використання, запропоновано облаштування рекреаційної зони у Немишлянському, Слобідському та Салтівському районах. У Слобідському районі запропоновано проєкт міського саду, з можливістю для місцевого населення вирощувати сільськогосподарську продукцію, також на території занедбаної ділянки поряд з парком «Зустріч». У Немишлянському районі запропоновано відновлення занедбаної ділянки з використанням різнотравних газонів та зон для відпочинку та спорту площею 2,19 га. Площа запропонованого об'єкту складає 1,6 га. У Салтівському та Немишлянському районі запропоновано відновлення заплави та русла річки Немишля. Салтівський район є одним з найбільш постраждалих районів міста, тому першочерговим завданням буде відновлення житлового фонду. При розробці та обговоренні нових проєктів відбудови варто врахувати сучасні практики розробки ЗІ з урахуванням зв'язності та багатофункціональності об'єктів ЗІ.

3. Частково багатофункціональність і зв'язність ЗІ міста Харків можна забезпечити за рахунок відновлення або реконструкції промислових зон, з використанням зелених дахів, дощових садів та ділянок різнотрав'я на територіях промислових зон. ЗІ територій промислових зон забезпечує вплив на поверхневий стік, формування ефекту теплового острова міста. Загалом площа промислових зон, для яких пропонується використання об'єктів зеленої інфраструктури близько 1000 га.

Результати проведених наукових досліджень, викладених у розділі 4, опубліковані у наукових працях автора [89, 155, 156, 157, 158, 159].

ВИСНОВКИ

1. За визначенням Європейської комісії, зелена інфраструктура - це стратегічно спланована мережа природних і напівприродних територій з іншими природними особливостями, розроблена та здатна надавати широкий спектр екосистемних послуг, таких як очищення води, підтримка якості повітря, забезпечення місць для відпочинку та пом'якшення наслідків зміни клімату і адаптації до нього. Визначено взаємозв'язок концепції зеленої інфраструктури з підходами природоорієнтованих рішень, концепції екосистемних послуг, ландшафтно-екологічного планування та інших. Основною вимогою при розробці зеленої інфраструктури є зв'язність та функціональність її об'єктів.

2. Міжнародний досвід використання концепції ЗІ полягає у розробці регіональних та місцевих проєктів або планів управління зеленою інфраструктурою. Проаналізовано історичний розвиток використання концепції зеленої інфраструктури у північній Америці та на території Європейського Союзу, визначено основні її відмінності у розробці та проєктуванні. Наразі світова спільнота розглядає зелену інфраструктуру, як комплексну систему, яка виконує цілу низку екологічних, соціальних функцій та є економічно вигідною, ніж використання суто «сірих» інфраструктурних рішень. В Україні досвід дослідження концепції ЗІ має локальний характер і знаходиться на стадії свого активного розвитку, переважно завдяки громадським природоохоронним організаціям. В порівнянні з міжнародними практиками, де планування здійснюються в міському масштабі, в Україні наразі створюються окремі об'єкти зеленої інфраструктури, які в майбутньому повинні бути вписані в зелену інфраструктуру населеного пункту. Окремою групою досліджень можна вважати роботи з оцінки стану ґрунтів та флори, стану регресії ландшафту, проблематики функціонування зелених зон та ефективності використання добрив та систем поливу на території об'єктів зеленої інфраструктури переважно загального користування.

3. Нормативно - правова основа для використання концепції ЗІ складається з Державних будівельних норм Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», Державних будівельних норм Б 2.2-5:2011 «Планування і забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій», «Про благоустрій населених пунктів», місцевих правил «Правила благоустрою території міста Харкова», «Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України», «Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України». Окрім того, окремо варто виділити Державні будівельні норми та Галузеві будівельні норми, які використовуються для конкретних інфраструктурних об'єктів (трамвайні колії, облаштування зупинок громадського транспорту тощо). В ході аналізу нормативно-правових актів визначено, що опис та планувальні особливості об'єктів зеленої інфраструктури прописані у різних нормативно-правових актах, що значно ускладнює обізнаність міського населення про зелену інфраструктуру.

4. Розроблено алгоритм проведення дослідження на основі концептуальних особливостей зеленої інфраструктури. Цими особливостями є встановлення критеріїв вибору об'єктів, які доцільно включати у зелену інфраструктуру у міському масштабі. До критеріїв об'єктів ЗІ віднесено багатофункціональність, надання екосистемних послуг та зв'язність об'єктів. При оптимізації зеленої інфраструктури в даному дослідженні основним критерієм обрано виконання екологічних функцій об'єктами зеленої інфраструктури, як існуючими, так і перспективними та забезпечення існуючої та планованої просторової зв'язності всіх об'єктів ЗІ. Розробка проєктів зеленої інфраструктури складається з загальноприйнятих етапів, проте для кожного окремого кейсу (цілі створення, географічного масштабу, об'єктової ситуації) алгоритм може змінюватись. У дослідженні запропоновано алгоритм оптимізації зеленої інфраструктури, який складається з наступних етапів: 1. визначення мети (аналіз основних екологічних, соціальних та економічних проблем, які планується вирішити за допомогою проєкту зеленої інфраструктури міста Харків); 2. збору та аналізу первинної інформації (кількість, особливості зелених зон міста та об'єктів рекреації, ландшафтів, об'єктів ПЗФ, картографічне забезпечення дослідження); 3. зонування

території міста та зокрема зелених насаджень, визначення існуючих та перспективних об'єктів для включення до ЗІ; 4. проведення оцінки екологічних функцій зеленої інфраструктури на прикладі окремих об'єктів і в цілому в місті; 5. розробка локальних рекомендацій по створенню або відновленню об'єктів зеленої інфраструктури. Оцінка екологічних функцій зеленої інфраструктури складається з комплексу конкретно-наукових методів дослідження: санітарно-гігієнічної оцінки навколишнього середовища для оцінки шумозахисної функції зеленої інфраструктури; лабораторного аналізу компонентів доквілля для оцінки впливу об'єктів ЗІ на якість поверхневого стоку; картографічного синтезу та аналізу для вихідних даних просторового розміщення наявної зеленої інфраструктури.

5. Запропоновано групування об'єктів зеленої інфраструктури міста на «ядра» – основний масив зелених насаджень (міські парки і сквери), «коридори» – мають лінійну конфігурацію (захисні лінійні насадження, екокоридори тощо), «малі об'єкти» ЗІ – об'єкти, для створення яких немає необхідності відведення окремої земельної ділянки (зелені дахи, зелені зупинки, дощові сади тощо).

6. В рамках дослідження проведено інвентаризацію об'єктів зеленої інфраструктури загального використання для адміністративних районів міста. За допомогою ГІС-інструментів, а також польовими обстеженнями було зібрано інформацію про площу об'єктів, зв'язність об'єктів між собою та визначення проблем функціонування конкретних об'єктів ЗІ.

7. Проведено оцінку забезпеченості населення ЗІ загального використання та ступінь озеленення для кожного з адміністративних районів міста. Було отримано наступні дані: Шевченківський район (ступінь озеленення – 36 %, забезпеченість – 96 м²/люд.), Основ'янський район (ступінь озеленення – 13 %, забезпеченість – 64 м²/люд.), Новобаварський район (ступінь озеленення – 5 %, забезпеченість – 15 м²/люд.), Холодногірський район (ступінь озеленення – 28 %, забезпеченість – 12 м²/люд.), Київський район (ступінь озеленення – 5 %, забезпеченість – 13 м²/люд.), Індустріальний район (ступінь озеленення – 2 %, забезпеченість – 5 м²/люд.), Слобідський район (ступінь озеленення – 3 %, забезпеченість – 5 м²/люд.), Немишлянський район (ступінь озеленення – 1 %, забезпеченість – 2 м²/люд.).

Проведене дослідження свідчить про нерівномірність розподілу зеленої інфраструктури загального використання по адміністративним районам міста та дає підстави для оптимізації ЗІ з низькими ступенем та рівнем забезпечення ЗІ.

8. Проведена оцінка шумозахисної функції ЗІ на прикладі Салтівського району м. Харків показала ефективність використання лінійного захисного озеленення. Щільний пояс рослинності здатен знизити рівень шумового навантаження на 20 дБ. Навпаки розрізнена рослинність, на прикладі парку Перемоги, в повній мірі не виконує шумозахисну функцію.

9. Проведення оцінки функції з очистки поверхневого стоку було зроблено на прикладі зелених дахів. Модельною ділянкою було обрано зелений дах седумного типу. Було визначено, що зелений дах є більшою перешкодою для відносно легких хімічних елементів. Зелений дах седумного типу також знижує концентрацію нітритів, аміаку, цинку та марганцю, заліза. Збільшення вмісту окремих елементів (запах, каламутність, залізо, цинк, мідь, марганець, кадмій) пов'язане зі специфічними особливостями кожної території, де розташована зелена покрівля, і не мають регулярного повторення.

10. Оцінка вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури дозволяє дізнатися кількість накопиченого протягом всього їх життя вуглецю в живій та мертвій фітомасі, та в ґрунті. Розрахунок вуглецевої ємності було проведено для території Регіонального ландшафтного парку «Сокольники-Помірки» (Шевченківський район) – запас органічного вуглецю 166,86 т/га, лісовий заказник «Григорівський бір» (Новобаварський район) – запас органічного вуглецю 142,94 т/га, частина лісового масиву Холодногірського району – запас органічного вуглецю 120,77 т/га, лісові масиви Основ'янського району – Основ'янський ліс – запас органічного вуглецю 105,83 т/га та Ващенків бір запас органічного вуглецю – 86,87 т/га. Збільшенням площі дерев у структурі зелених насаджень міста, можна зменшити кількість вуглекислого газу в атмосфері.

11. Оцінку ефекту теплового острова міста було проведено методами просторового аналізу багатоспектральних знімків земної поверхні. Результати дослідження показали, що найбільшого впливу на зменшення ефекту теплового

острову міста впливають ядра зеленої інфраструктури – лісові насадження в межах міста, лісопарки, парки з щільною структурою зелених насаджень. Найбільшою температурою земної поверхні навпаки відрізняється центральна частина міста, яка має щільну забудову і також промислові території.

12. На основі проведених оцінок функцій було визначено ефективність їх виконання зеленою інфраструктурою міста та окремими її об'єктами. При цьому визначено і проблеми функціонування зеленої інфраструктури міста Харків та її об'єктів, що дає підґрунтя для визначення напрямків оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків

13. Для оптимізації зеленої інфраструктури запропоновано локальні проекти з використання окремих об'єктів зеленої інфраструктури та комплексних рішень для міста, а саме: відновлення занедбаних територій за рахунок облаштування міського саду та рекреаційної зони, відновлення заплави і русла річки, надано огляд можливості реновації промислових зон з використанням зеленої інфраструктури, використання модульного озеленення, та групи малих об'єктів ЗІ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Models and Approaches for Integrating Protected Areas with Their Surroundings: A Review of the Literature / W. Du et al. *Sustainability*. 2015. Vol. 7, № 7. P. 8151-8177. DOI: <https://doi.org/10.3390/su7078151>
2. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02>
3. Benedict M. A. Green infrastructure: Linking landscapes and communities. Washington, DC: Island Press, 2006. 299 p.
4. Benedict M. A., McMahon E. T. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. Washington, DC: Sprawl Watch Clearinghouse, 2001. 36 p.
5. European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe’s Natural Capital. European Commission: Brussels, Belgium. 2013. p. 11. URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm (дата звернення: 18.10.2018)
6. Department for Levelling Up, Housing and Communities. Natural environment. GOV. UK: веб-сайт. URL: <http://www.naturalengland.org.uk/ourwork/planningtransportlocalgov/greeninfrastructure/default.aspx> (дата звернення: 18.10.2018)
7. Health, prosperity and sustainability: the case for green infrastructure in Ontario / D. Chee та ін. Green infrastructure Ontario coalition. URL: https://greeninfrastructureontario.org/app/uploads/2016/04/HPS_GI.pdf. (дата звернення: 18.10.2018)
8. Water infrastructure improvement act. *Congress.gov*: веб-сайт. URL: <https://www.congress.gov/115/plaws/publ436/PLAW-115publ436.pdf> (дата звернення: 18.10.2018)

9. 30 innovations linking Disaster Risk Reduction with Sustainable Development Goals / T. Izumi et al. Japan : KeioUniversity, the University of Tokyo, UNU-IAS, CWS Japan, 2019. 96 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/344711305_Green_infrastructure. (дата звернення: 18.10.2018)
10. Wright H. Understanding green infrastructure: The development of a contested concept in England. *Local Environment*. 2011. Vol. 16, № 10. P. 1003-1019.
11. Garmendia E., Apostolopoulou E., Adams W., Bormpoudakis D. Biodiversity and Green Infrastructure in Europe: Boundary object or ecological trap? *Land Use Policy*. 2016. № 56. P. 315-319 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.003>
12. Ecosystems and Human Well-Being: A Report of the Conceptual Framework Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press: Washington, DC. 2003. 212 p. URL: http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf (дата звернення: 07.11.2018)
13. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування: теорія і практика: монографія. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 216 с.
14. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування, як підґрунтя управлінських рішень про надання екосистемних послуг. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2016. Вип. 45, С. 153-158.
15. Water concept. *Landschaftspark Duisburg-Nord*: веб-сайт. URL: <https://www.landschaftspark.de/en/background-knowledge/water-concept/> (дата звернення: 18.10.2018)
16. Green infrastructure planning. The Mersey Forest. *Liverpool City Green Infrastructure Strategy*: веб-сайт. URL: <http://www.ginw.co.uk/liverpool> (дата звернення: 21.10.2018)
17. Green infrastructure planning. The Mersey Forest. *Green Infrastructure to combat climate change*: веб-сайт. URL: <http://www.greeninfrastructurenw.co.uk/climatechange/> (дата звернення: 25.10.2018)
18. Bringing biodiversity to Stockholm – Ramboll group. Architecture, engineering and consultancy - Ramboll group. URL: <https://www.ramboll.com/lets-close-the-gap/bringing-biodiversity-to-stockholm> (дата звернення: 26.10.2018)

19. Hammarby Sjöstad – HSEF. HSEF. *Hammarby Sjöstad Ekonomisk Förening*: веб-сайт. URL: [https://www.hammarbysjostad.se/en/hammarby-sjostad/hammarby - sjostad/](https://www.hammarbysjostad.se/en/hammarby-sjostad/hammarby-sjostad/) (дата звернення: 18.10.2018)
20. Environmental Strategy - City of Zurich. Startseite Portal der Stadt Zürich - *Stadt Zürich*: веб-сайт. URL: [https://www.stadt-zuerich.ch/portal/en/index /portraet_der_stadt_zuerich/environmental-strategy.html](https://www.stadt-zuerich.ch/portal/en/index/portraet_der_stadt_zuerich/environmental-strategy.html) (дата звернення: 18.10.2018)
21. Dhakal K. P., Chevalier L. R. Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 203. P. 171-181. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.065> (дата звернення: 19.10.2018)
22. Green City Clean Waters – Philadelphia Water Department. *Philadelphia Water Department*: веб-сайт. URL: <https://water.phila.gov/green-city/> (дата звернення: 19.10.2018)
23. Rep. Yvette Clarke and NY Sun Works Bring Sustainability and Climate Science to 20 Brooklyn Schools – New York Sun Works. *New York Sun Works*: веб-сайт. URL: [https://nysunworks.org/blog/rep-yvette-clarke-and-ny-sun-works -bring-sustainability-and-climate-science-to-20-brooklyn-schools/](https://nysunworks.org/blog/rep-yvette-clarke-and-ny-sun-works-bring-sustainability-and-climate-science-to-20-brooklyn-schools/) (дата звернення: 21.10.2018)
24. Smart Growth. *US EPA*: веб-сайт. URL: <https://www.epa.gov/smartgrowth> (дата звернення: 25.10.2018)
25. ASLA 2013 Professional Awards. Lafitte Greenway + Revitalization Corridor. Linking New Orleans Neighborhoods. *American Society of Landscape Architects*: веб-сайт. URL: <https://www.asla.org/2013awards/328.html> (дата звернення: 19.10.2018)
26. PUB, Singapore's National Water Agency. *PUB, Singapore's National Water Agency*: веб-сайт. URL: <https://www.pub.gov.sg/abcwaters/designguidelines> (дата звернення: 19.10.2018)
27. Assessing the Effectiveness and Cost Efficiency of Green Infrastructure Practices on Surface Runoff Reduction at an Urban Watershed in China / F. Li та ін. *Water*. 2020. Т. 13, № 1. С. 24. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13010024> (дата звернення: 15.01.2021)

28. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія / За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. 400 с.
29. Mell I. C. Green infrastructure planning: a contemporary approach for innovative interventions in urban landscape management. *Journal of Biourbanism*. 2011. Vol. I. № 1. P. 29-39.
30. Lai S., Leone F., Zoppi C. Assessment of Municipal Masterplans Aimed at Identifying and Fostering Green Infrastructure: A Study Concerning Three Towns of the Metropolitan Area of Cagliari, Italy. *Sustainability*. 2019. Vol. 11, № 5. P.1470. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11051470>
31. Lennon M., Scott M. Delivering Ecosystems Services via Spatial Planning: Reviewing the Possibilities and Implications of a Green Infrastructure Approach. *Town Planning Review*. 2014. Vol. 85, № 5. P. 563 - 587 DOI: <https://doi.org/10.3828/tpr.2014.35>
32. Wilson E., Piper J. *Spatial Planning and Climate Change*. Routledge, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203846537>
33. Votsis A. Planning for green infrastructure: The spatial effects of parks, forests, and fields on Helsinki's apartment prices. *Ecological Economics*. 2017. Vol. 132. P. 279-289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.09.029>
34. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: підручник. Львів: Світ, 2005. 456 с.
35. Назарук М., Жук Ю. Зелені зони малих та середніх міст Львівської області: сучасний стан та проблеми функціонування. *Фізична географія та геоморфологія*. Львів, 2013. Вип. 1(69). С. 54-62
36. Кузик І. Теоретико-методологічні засади дослідження комплексної зеленої зони міста. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2019. № 2 (47). С. 21-32. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.19.3.3>

37. Кузик І., Царик Л. Геоєкологічна оцінка структури комплексної зеленої зони міста Тернопіль та її оптимізація. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Випуск 34. 2020. С. 8-18. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-01>
38. Безлюбченко О.С., Завальний О.В., Черносова Т.О. Планування і благоустрій міст: навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2011. 191 с.
39. Клещ А. А., Максименко Н. В., Пономаренко П. Р. Територіальна структура природокористування міста Харків. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. Вип. 27, № 1–2. С. 23–34.
40. Каталог природоорієнтованих рішень / авт. кол.: М. Рябика, О. Гусакова, А. Зозуля, А. Бушовська та ін. Львів: УКМ, 2021. 116 с.
41. Greksa A., Grabić J., Blagojević B. Contribution of low impact development practices-bioretenion systems towards urban flood resilience: case study of Novi Sad, Serbia. *Environmental Engineering Research*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.4491/eer.2021.125>
42. Procedure for the selection and evaluation of prefabricated housing buildings for the implementation of green roofs in the context of Urban Heat Island mitigation. The example of Wrocław, Poland / J. Rubaszek et al. *PLOS ONE*. 2021. Vol. 16, no. 10. P. e0258641. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258641>
43. Bunn F., Zannin P. H. T. Urban planning-Simulation of noise control measures. *Noise Control Engineering Journal*. 2015. Vol. 63, № 1. P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.3397/1/376301>
44. Bus Station Mlynské Nivy. *Sieberttalas*: веб-сайт. URL: <https://sieberttalas.com/projects/bus-station-twin-city> (дата звернення: 30.09.2021)
45. The Method of Planning Green Infrastructure System with the Use of Landscape-Functional Units (Method LaFU) and its Implementation in the Wrocław Functional Area (Poland) / I. Niedźwiecka-Filipiak et al. *Sustainability*. 2019. Vol. 11, № 2. P. 394. URL: <https://doi.org/10.3390/su11020394>
46. Kharkiv «EBRD Green Cities. Home». *EBRD Green Cities*: веб-сайт. URL: <https://www.ebrdgreencities.com/our-cities/cities/kharkiv/> (дата звернення: 14.03.2021)

47. Максименко Н. В. Гололобова О. О. *Інновації в організації зеленої інфраструктури м. Харків та перспективи її розвитку*. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 265-292.
48. Максименко Н. В., Гололобова О. О., Коваль І. М., Калиновський О. І. Моніторинг стану зелених насаджень Шевченківського району м. Харків (на прикладі гіркокаштану (*Aesculus hippocastanum* L.)). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна. Вип. 36, 2021. с. 56-72.
49. Максименко Н. В., Гололобова О.О., Щербань В. І., Погоріла М. І. Впровадження стійких рослинних компонентів в зелену інфраструктуру в контексті природоорієнтованих рішень. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна. Вип. 35, 2021. с. 56-72.
50. Тітенко Г. В., Калиновський О. І., Карпенко О. Р., Хоменко А. С., Угрин Д. Д. Особливості геохімічної міграції важких металів в урболандшафті *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: «Освіта – наука – виробництво – 2019»*: матеріали XXII міжнар. наук.-практ. конф. м. Харків, ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2019 р. С. 116-118
51. Green corridor. *Drozdov & Partners*: веб-сайт. URL: <https://drozdov-partners.com/projects/green-corridor/> (дата звернення: 04.08.2021)
52. Ігор Терехов розповів про проєкт «Зелений каркас». *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/news/igor-terekhov-rozpoviv-pro-proekt-zeleniy-karkas-47738.html> (дата звернення: 04.08.2021)
53. Максименко Н. В., **Бурченко С. В.** Оцінка можливості реалізації концепції зеленої інфраструктури для Харківської області. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: тези доп. 9-ї міжнар. наук.-тех.конф.: Баку, Харків, Жиліна: ВА ЗС АР, НТУ «ХП», ДП «ХНДІ ТМ», УМЖ, 2019. С. 82.

54. **Бурченко С. В.** Аналіз існуючої законодавчої бази для реалізації концепції зеленої інфраструктури для Харківської області. *V-й всеукраїнський студентський форум студентів, аспірантів і молодих учених*: тези доп.: Дніпро: ДНУ, 2019. С. 63-64.
55. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. Інформаційний бюлетень. 2019. 185 с.
56. Про благоустрій населених пунктів: Закон України від 06.09.2005 № 2807-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2005. № 49. ст. 517 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15#Text> (дата звернення: 06.03.2019)
57. Про затвердження ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 26.04.2019 № 104 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0104858-19#Text> (дата звернення: 12.07.2019)
58. Про встановлення Правил благоустрою території міста Харкова: рішення Харківської міської ради Харківської області (зі змінами та доповненням) від 16.11.2011 р. № 504/11 URL: <http://kharkiv.rocks/reestr/658967> (дата звернення: 06.03.2019)
59. Про затвердження Державних санітарних норм та правил утримання територій населених місць: наказ МОЗ України від 17.03.2011 № 145 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0457-11#Text> (дата звернення: 06.03.2019)
60. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів: Наказ МОЗ України від 19.03.1996 № 173.URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text> (дата звернення: 06.03.2019)
61. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України: наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10.04.2006 № 105 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text> (дата звернення: 06.03.2019)
62. Про зелені насадження міст та інших населених пунктів: проєкт Закону України від 04.06.2015 № 2013а URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=55455 (дата звернення: 06.03.2019)

63. Про затвердження ДБН В.2.3-18 2007 Споруди транспорту. Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проектування: наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва 28.12.2006 № 401 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0401661-07#Text> (дата звернення: 06.03.2019)
64. Про затвердження Правил розміщення та обладнання зупинок міського електро- та автомобільного транспорту: наказ Державного комітету України по житлово-комунальному господарству від 15.05.1995 № 21 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0160-95#Text> (дата звернення: 06.03.2019)
65. Green bus stops ensure a future-proof city. *Sempergreen*: веб-сайт. URL: <https://www.sempergreen.com/en/about-us/news/green-bus-stops-ensure-a-future-proof-city> (дата звернення: 05.07.2022)
66. Malaviya P., Sharma R., Sharma P. K. Rain Gardens as Stormwater Management Tool. *Sustainable Green Technologies for Environmental Management*. Singapore, 2019. P. 141-166. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-2772-8_7
67. Sanyal H., Elboroloy Y. Y., Cataldo J. Modeling the behavior of rain gardens. *Sustainable Water Resources Management* 2021, 18-20 May 2021. Southampton UK, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2495/wrm210131>
68. Про затвердження стандарту організації Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування ГБН В.2.3-218-007:2012: наказ Державного агентства автомобільних доріг України від 06.08.2012 № 307 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0307850-12#Text> (дата звернення: 06.03.2019)
69. Про затвердження Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України: наказ державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 24.12.2001 № 226. (дата звернення: 06.03.2019)
70. На Сосновій гірці в Харкові з'явиться зона відпочинку і розваг. *Харків Тудей*: веб-сайт. URL: <https://2day.kh.ua/ua/kharkov/na-sosnoviy-girci-v-kharkovi-zyavitsya-zona-vidpochinku-i-rozvag> (дата звернення: 11.04.2021)
71. Прозора та партисипативна система інвентаризації зелених зон в Україні: старт проєкту іTree4UA – Зелена Хвиля. *Український екологічний клуб Зелена Хвиля*: веб-сайт. URL: <https://ecoclubua.com/activity/prozora-ta-partysyatyvna>

[systema-inventaryzatsiyi-miskyh-zelenyh-zon-v-ukrayini-start-proyektu-itree4ua/](https://ecoclubua.com/wp-content/uploads/Osokorky_overview_ukr.pdf) (дата звернення: 24.04.2021)

72. Ділянка «Екопарк Осокорки» Дарницького району міста Києва. ГО «Український екологічний клуб «Зелена Хвиля». Київ. 17 с. URL: https://ecoclubua.com/wp-content/uploads/Osokorky_overview_ukr.pdf. (дата звернення: 24.04.2021)

73. Ділянка «Совські ставки» Голосіївського району міста Києва. ГО «Український екологічний клуб «Зелена Хвиля». Київ. 17 с. URL: https://ecoclubua.com/wp-content/uploads/Sovky_overview_ukr.pdf (дата звернення: 24.04.2021)

74. Інспекція з благоустрою провела понад 300 перевірок. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkov.ua/uk/news/inspektsiya-z-blagoustroyu-provela-ponad-300-perevirok-47900.html> (дата звернення: 11.08.2021)

75. **Бурченко С. В.** Порівняння критеріїв вибору об'єктів зеленої інфраструктури на регіональному та на міському рівнях. *Охорона довкілля*: зб. наук. статей XV Всеукраїнських наукових Таліївських читань: Харків: ХНУ, 2019. С. 12-13.

76. Abrahams, P.M., Stakeholders' perceptions of pedestrian accessibility to green infrastructure: Fort Worth's urban villages. Master Thesis/ Abrahams P.M. –USA: University of Texas, 2010.

77. Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects. URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9291/-Green%20infrastructure%20guide%20for%20water%20management%20%20-2014unep-dhigroup-green-infrastructure-guide-en.pdf?sequence=3&isAllowed> (дата звернення: 24.04.2021)

78. Кочанов Е., Коваль І., **Бурченко С.**, Уткіна К., Гречко А. *Проблеми функціонування зеленої інфраструктури сучасних міст (на прикладі м. Харків)*. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред.

Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 30-43.

79. ДБН Б.2.2-12:2018 Планування і забудова територій : Наказ від 23.04.2018 р. № 100 : втрата чинності станом на 1 жовт. 2019 р.

80. Mazza L., Bennett G., De Nocker L., Gantioler S., Losarcos L., Margerison C., Kaphengst T., McConville A., Rayment M., ten Brink P., Tucker G., van Diggelen R. Green Infrastructure Implementation and Efficiency. Final report for the European Commission, DG Environment on Contract ENV.B.2/SER/2010/0059. Institute for European Environmental Policy, Brussels and London. 2011. 288 p.

81. Gallet D. The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. *Proceedings of the Water Environment Federation*. 2011. Vol. 2011, no. 17. P. 924–928. DOI : <https://doi.org/10.2175/193864711802639741>

82. Решетченко А. І., Стольберг Ф. В. Оцінка шумового забруднення урбанізованих територій від автотранспорту на прикладі міста Харків. *Галузеві проблеми екологічної безпеки: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. студ, маг., та асп. (Харків 19.10.2018 р.)*. Харків: ХНАДУ, 2018. С. 153-154.

83. Решетченко А. І. Використання статистичних методів аналізу в оцінці зниження транспортного шуму зеленими насадженнями на урбанізованих територіях. *Регіональні проблеми охорони довкілля: матеріали міжнар. наук. конф. молодих вчених*. Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 123-126.

84. Ульяніч А. С., Самохвалова А. І. Дослідження акустичного забруднення міста, створюваного автомобільним транспортом, як один з механізмів до шляху сталого розвитку урбоєкосистем. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: VII міжнар. молодіжний конгрес, 10-11 лютого 2022, Україна, Львів : Збірник матеріалів – Київ : Яроченко Я. В., 2022. С. 237.*

85. ДБН В.1.1-31:2013. Видання. Захист територій будинків і споруд від шуму. [Чинний від 2018-01-06]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014, 54 с. 12.

86. Dimitrijević D., Živković P., Dobrnjac M., Latinović T., Noise pollution reduction and control provided by green living systems in urban areas, in Scientific proceedings III international scientific-technical conference “Innovations”, 2017. p. 124-127.
87. Maksymenko N., Sonko S., Skryhan H., Burchenko S., Gladkiy A. Green infrastructure of post-USSR cities for prevention of noise pollution. Society of ambient intelligence 2021 - IV International Scientific Congress, Ukraine – Uzbekistan – Latvia April 12-16, 2021. *SHS Web Conf.*, Vol. 100, DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>
88. **Burchenko S.** Green infrastructure strategy for water management in Kharkiv. *Smart green&smart blue: open science conf.:* Lviv, 2019. P. 5.
89. Максименко Н., **Бурченко С.**, Уткіна К., Бугакова М. Вплив зеленої інфраструктури на якість поверхневого стоку (на прикладі зелених дахів у м. Харків). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. № 55. С. 274-284. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-20>
90. Maksymenko N., Shpakivska I., **Burchenko S.**, Utkina K. Green infrastructure in Lviv – example of park zones. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. 2022. Vol. 25, issue 1. P. 37-43. DOI : <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0005>
91. **Burchenko S. V.**, Voronin V. O., Maksymenko N. V., Shpakivska I. M. Internship of Erasmus+ “Intense” for Evaluation of Green Infrastructure and Ecosystem Services of Foresty Landscapes in Lviv. *International research-to-practice conference on «Climate services: science and education»*. Conference Proceedings (22-24 September 2021). Odesa, 2021. P. 69-70.
92. **Burchenko S.** The role of language training internships Erasmus +program for postgraduate students. Academic and scientific challenges of diverse fields of knowledge in the 21st century: матеріали 9-ї Всеукраїнської наукової конференції. Харків. С. 48-54.
93. **Burchenko S.** Intercultural experience exchange of green and blue infrastructure development. «Сучасне суспільство і наука: актуальні дослідження молодих

науковців»: Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція, НЮУ імені Ярослава Мудрого, 29 травня 2020 р.

94. Пастернак В. П., Букша І. Ф. Інвентаризація парникових газів у лісовому господарстві України та шляхи її покращення. *Вісник Харківського національного університету ім. В. В. Докучаєва*. 2006. № 6. С. 203-207.

95. Лакида П. І. Фітомаса лісів України: монографія. Тернопіль: Збруч, 2002. 256 с.

96. Вегетаційний індекс NDVI: Формула та Використання. *EOS Data Analytics*: веб-сайт. URL: <https://eos.com/uk/make-an-analysis/ndvi/> (дата звернення: 17.01.2023)

97. **Бурченко С. В.** Оцінка нормалізованого вегетаційного індексу м. Харків як підґрунтя для оцінки біорізноманіття. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*: матеріали V (XVI) міжнар. конф. молодих учених (Львів, 18-19 жовтня 2023 р.). Львів, 2023. С. 17-18.

98. Максименко Н., **Бурченко С.**, Кочанов Е. *Особливості організації зеленої інфраструктури міста Харків*. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 125-154.

99. Про затвердження проектів землеустрою з організації та встановлення меж території рекреаційного призначення м. Харкова «Зелені зони та зелені насадження» – Реєстр актів харківської міської ради. *Реєстр актів харківської міської ради*: веб-сайт. URL: <http://kharkiv.rocks/reestr/288300> (дата звернення: 11.04.2019)

100. **Бурченко С. В.** Можливості розширення зеленої зони міста Харків з використанням об'єктів зеленої інфраструктури та природоорієнтованих рішень. *Охорона довкілля*: зб. наук. статей XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань: Харків: ХНУ, 2020. С. 21-22.

101. Бурак О. М., Мирошніченко О. О. Виявлення диспропорцій у формуванні зелених зон районів міста Харкова. *Економічні проблеми та перспективи розвитку*

житлово-комунального господарства на сучасному етапі : матеріали IV Міжнар. науково-практ. конф., м. Харків, 26–28 трав. 2015 р. С. 158-160. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/40288/1/158-160.pdf> (дата звернення: 24.04.2021)

102. Гришина В. С. Вплив особливостей організації рекреаційних територій на сталий розвиток ландшафтно-екологічного каркасу міста (на прикладі м. Харків). *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2021. № 60. С. 166-176. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.60.166-176>

103. Про затвердження генерального плану м. Харкова до 2026 р. : Рішення XXII сесії XXIV скликання від 23.06.2004 р. № 24-22. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/document/generalniy-plan-m-harkova39777.html>. (дата звернення: 12.04.2019)

104. Про затвердження змін до генерального плану м. Харкова : Рішення 32 сесії 7 скликання від 18.12.2019 р. № 1902/19. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/dokumentyi/generalnyij-plan-goroda.html>. (дата звернення: 17.02.2020)

105. У Харкові реконструюють Олексіївський лугопарк. Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету. 14.02.2022 р. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/news/-49797.html> (дата звернення: 15.02.2022)

106. Парк Юність, Харків. *UA.IGotoWorld.com*: веб-сайт.. URL: https://ua.igotoworld.com/ua/poi_object/76220_park-yunost.htm (дата звернення: 15.02.2022)

107. На Холодній горі реконструюють парк «Юність». *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://web.archive.org/web/20210901154800/https://city.kharkov.ua/uk/news/na-kholodniy-gori-rekonstruyuyut-park-yunist-46605.html> (дата звернення: 15.02.2022)

108. Парк Зустріч. *Електронні петиції*: веб-сайт. URL: <https://petition.city.kharkov.ua/uk/3488.html> (дата звернення: 15.02.2022)
109. У Харкові почали розчищати русло річки Немишля: що планують зробити. *ЕкоПолітика*: веб-сайт. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/u-harkovi-pochali-rozchishhati-ruslo-richki-nemishlya-shho-planujut-zrobiti/> (дата звернення: 15.02.2022)
110. У парку «Зелений гай» завершився перший етап реконструкції. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/news/u-parku-zeleniy-gay-zavershivsyapershii-etap-rekonstruksii-45921.html> (дата звернення: 15.02.2022)
111. Харківські парки культури і відпочинку об'єднуються в одне підприємство. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/news/harkivski-parki-kulturi-i-vidpochinku-ob-yednayutsya-v-odne-pidpriyemstvo-7345.html> (дата звернення: 15.02.2022)
112. Войницький А. У Харкові буде створено КП «Парк культури і відпочинку ім. В. Маяковського». *Status Quo*: веб-сайт. URL: https://www.sq.com.ua/ukr/news/vlada/12.01.2011/u_harkovi_bude_stvoreno_kp_park_kulturi_i_vidpochinku_imvmayakovskogo (дата звернення: 15.02.2022)
113. **Бурченко С. В.** Оцінка забезпеченості населення зеленими насадженнями загального користування (на прикладі Індустріального району міста Харкова). *Охорона довкілля*: зб. наук. статей XVIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 78-81.
114. Природно-заповідний фонд Харківської області. *Природно-заповідний фонд України*: веб-сайт. URL: <https://web.archive.org/web/20150524023100/http://pzf.land.kiev.ua/pzf-obl-20.html> (дата звернення: 17.11.2018)
115. У міськраді показали, як виглядатиме Журавлівський гідропарк. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkov.ua/uk/news/-49824.html> (дата звернення: 21.02.2022)

116. У Харкові впорядкують Журавлівський гідропарк. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету* : веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkov.ua/uk/news/u-kharkovi-vporyadkuyut-zhuravlivskiy-gidropark-47212.html> (дата звернення: 21.02.2022)
117. Населення України (1990-2022). *Мінфін*: веб-сайт. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/> (дата звернення: 07.04.2022)
118. ДБН Б.1.1-14:2012 Склад та зміст детального плану території: затв. наказом від 12.03.2012 № 107 Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. *Інформаційний бюлетень Мінрегіонрозвитку, будівництва та ЖКГ України*: 2012. № 4. 37 с.
119. Maksymenko N., **Burchenko S.**, Miller K., Cohen L., Krivtsov V. Inventory of green roofs in Kharkiv (Ukraine) and Edinburgh (Scotland): current occurrence, future potential and implications for biodiversity and ecosystem services. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи*: зб. тез доповідей I Міжнародної Інтернет-конференції (26 лютого, 2021, м. Харків). Харків, 2021. С. 127–128.
120. **Burchenko S.** Green roofs for cities surface runoff regulation. 25th international scientific conference ENVIRO 2021 (3–4 June, 2021, Nitra): book of abstracts. Nitra, 2021. P. 44. DOI: <https://doi.org/10.15414/2021.9788055224084>
121. Shkaruba A., Skryhan H., Likhacheva O., Katona A., Maryskevych O., Kireyeu V., Sepp K., Shpakivska I. Development of sustainable urban drainage systems in Eastern Europe: an analytical overview of the constraints and enabling conditions. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2021. Vol. 64, № 13. P. 2435–2458. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1874893>
122. Skryhan H., Katona A., Kireyeu V., Likhacheva O., Maryskevych O., Sepp K., Shkaruba A., Shpakivska I. Sustainable urban drainage systems in Eastern Europe: policy transfer and legacy effects. 1st international iale-russia online conference „landscape science and landscape ecology: considering responses to global challenges“: book of abstracts. Moscow, 2020. P. 211.

123. Talebi A., Bagg S., Sleep B. E., O'Carroll D. M. Water retention performance of green roof technology: A comparison of Canadian climates. *Ecological Engineering*. 2019. Vol. 126 P. 1-15. DOI: [10.1016/j.ecoleng.2018.10.006](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.10.006)
124. Miniailo M. A., Filonenko O. I. Roof gardens and their socio-economic impact. *Collection of scientific works construction, materials science, engineering*. 2015. Vol. 81. P. 111-118.
125. Minova Z., Vranayova Z. Green Roofs and Water Retention in Košice, Slovakia, 2020. 133 p. DOI:[10.1007/978-3-030-24039-4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24039-4)
126. Case Study Green Roofs of Vienna. *Natural Water Retention Measures project (NWRM)*: веб-сайт. URL: <http://nwrn.eu/> (дата звернення: 21.02.2021)
127. Lönnqvist J., Hanslin H. M., Johannessen B. G., et al. Temperatures and precipitation affect vegetation dynamics on Scandinavian extensive green roofs. *International Journal of Biometeorology*. 2020. Vol. 65, № 6. P. 837–849. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs00484-020-02060-2>
128. Tan T. CL, Tan P. Y., Wong N. H. et al. Impact of soil and water retention characteristics on green roof thermal performance. *Energy and Buildings*. 2017. Vol. 152. P. 830–842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.011>
129. Raimondo F., Trifilo P., A Lo Gullo M. et al. Plant performance on Mediterranean green roofs: Interaction of species-specific hydraulic strategies and substrate water relations. *AoB PLANTS*. 2015. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv007>
130. Culligan P. J., Carson T.B., Gaffin S. et al. Evaluation of Green Roof Water Quantity and Quality Performance in an Urban Climate. *U.S. Environmental Protection Agency*. P. 79. URL: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100KI19.pdf> (дата звернення: 21.02.2022)
131. Bronz I. A Graphical Approach to Analysis of Individual GSI Project Stormwater Mitigation in Urban Settings. University of Pennsylvania. Scholarly Common. URL: https://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1002 &context=msag_projects (дата звернення: 08.03.2021)

132. Gilmore K., Shopiro R., Crago R., Guzman J. M. Impacts of Runoff Water Quality from Extensive Green Roofs. *Proceedings of the Water Environment Federation*. 2012. Vol. 11. P. 4948-4965.
133. Buhakova M., **Burchenko S.** Perspectives of using green roofs in conditions climate changes for sustainable development of cities. *Congress Proceedings-V international Scientific congress Society of Ambient Intelligence 2022 (Student Sections)*. Praha, Oktan Print, 2022, – P. 10-12.
134. Токар О. Є., Король М. М., Густі М. І. Оцінювання запасів вуглецю у фітомасі лісових насаджень заповідних територій Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31, № 5. С. 42-46. DOI: <https://doi.org/10.36930/40310506>
135. Максименко Н. В., **Бурченко С. В.**, Шпаківська І. М., Кротько А. С. Оцінка вуглецевої ємності монопородних деревостанів – елементів зеленої інфраструктури м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. № 38. С. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-07>
136. Олійник В. С. Лісознавство. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. 264 с.
137. Білоус А. М., Кашпор С. М., Миронюк В. В. Лісотаксаційний довідник: довідник. Дніпро: Ліра, 2020. 360 с.
138. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks / J. G. Canadell et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104, no. 47. P. 18866–18870. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0702737104>
139. Визначення запасів вуглецю у фітомасі лісових насаджень із використанням інформаційних технологій / О. Є. Токар та ін. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. № 24.4. С. 351-358. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_4/351_Tok.pdf
140. Васишин Р. Д., Домашовець Г. С., Васишин О. М. Біопродуктивність та депонований вуглець штучних модальних букових деревостанів українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23, № 11. С. 14–19. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_11/14_Was.pdf. (дата звернення: 21.02.2022)
141. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев ясена звичайного правобережного лісостепу України / П. І. Лакида та ін. *Наукові праці Лісівничої*

URL: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/453/363> (дата звернення: 21.02.2022)

142. Лакида І. П. Оцінювання вуглецедепонувальної функції міських лісів Києва. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.14. С. 246-252

143. Modeling carbon storage in urban vegetation: Progress, challenges, and opportunities / Q. Zhuang et al. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2022. Vol. 114. P. 103058. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103058>

144. Does urban vegetation enhance carbon sequestration? / E. Velasco et al. *Landscape and Urban Planning*. 2016. Vol. 148. P. 99–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.003>

145. Co-Designing Urban Carbon Sink Parks: Case Carbon Lane in Helsinki / P. Tammeorg et al. *Frontiers in Environmental Science*. 2021. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.672468>

146. Maksymenko N. V., Voronin V. O., **Burchenko S. V.** Ecosystem service of carbon sequestration in forest landscape (on example of Kharkiv region, Ukraine). *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment: XVII International Scientific Conference (7-10 November 2023, Kyiv)*. Київ, 2023.

147. Razzaghmanesh M., Beecham S., Salemi T. The role of green roofs in mitigating Urban Heat Island effects in the metropolitan area of Adelaide, South Australia. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016. Vol. 15. P. 89–102. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.013>

148. Heat island. NASA: веб-сайт. URL: https://www.nasa.gov/mission_pages/terra/news/heat-islands.html (дата звернення: 21.05.2022)

149. Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas / F. Marando et al. *Sustainable Cities and Society*. 2022. Vol. 77. P. 103564. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564>

150. Al-Dabbous A. N., Kumar P. The influence of roadside vegetation barriers on airborne nanoparticles and pedestrians exposure under varying wind

conditions. *Atmospheric Environment*. 2014. Vol. 90. P. 113–124.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.040>

151. Свинтак А., Ращенко А. Методи оцінки міських островів тепла. *Сучасні проблеми екології* : тези XVI Всеукр. наук. on-line конф. здобувачів вищ. освіти і молодих уч. з міжнар. участю, м. Житомир, 10 квіт. 2020 р. Житомир, 2020. С. 89.
URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/89.pdf>. (дата звернення: 21.02.2022)

152. Федонюк М. А., Федонюк В. В. Проблеми теплового забруднення селітебних територій: дослідження та моніторинг. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 1 (15). URL: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/5308/1/5789p.pdf>. (дата звернення: 17.05.2022)

153. The impacts of existing and hypothetical green infrastructure scenarios on urban heat island formation / A. Tiwari et al. *Environmental Pollution*. 2020. P. 115898.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115898>

154. Інформація про доступність транспорту та об'єктів транспортної інфраструктури. *Харківська обласна державна адміністрація*: веб-сайт. 2021.
URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1140/113940/Attaches/dodatok_do_listu_upravlinnya_transportu.pdf (дата звернення: 27.05.2022)

155. **Бурченко С. В.** Теоретичні аспекти озеленення міст в Україні (на прикладі м. Харків). *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : збірник матеріалів 6-го міжнародного молодіжного конгресу, 09 – 10 лютого 2021 року. Львів: Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2021. С. 276.

156. Maksymenko N., **Burchenko S.** Research of the green-blue infrastructure of Kharkiv. *Socio-ecological resilience across Eurasia innovation for sustainability transition INTENSE Open Science Conference (Online/Tartu, Estonia, 5-7 October 2021)*. Tartu, 2021. P. 8.

157. **Бурченко С. В.** Міські сади у контексті зеленої інфраструктури міст України. *Охорона довкілля*: зб. наук. статей XVII Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. С. 99-100.

158. **Burchenko S.** Urban gardens in Ukrainian cities (Lviv, Kharkiv). *Scientific Conference of PhD. Students of FAFR, FBFS and FHLE SUA in Nitra with international participation - Proceedings of abstracts.* Slovak University of Agriculture in Nitra, 2021. P. 51.

159. **Бурченко С. В.** Використання об'єктів зеленої інфраструктури для підтримки біорізноманіття у містах. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності: матеріали IV (XV) Міжнародної наукової конференції молодих учених (Львів, 28 жовтня 2021 року).* Львів, 2021. С. 45-47.

160. Інформація про доступність транспорту та об'єктів транспортної інфраструктури. *Харківська обласна державна адміністрація: веб-сайт.* URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1140/113940/Attaches/dodatok_do_listu_upravlinnya_transportu.pdf (дата звернення: 19.02.2022)

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових виданнях, які входять до міжнародної наукометричної бази Web of Science

1. Максименко Н., Бурченко С., Уткіна К., Бугакова М. Вплив зеленої інфраструктури на якість поверхневого стоку (на прикладі зелених дахів у м. Харків). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. № 55. С. 274-284. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-20>

(*Особистий внесок здобувача:* проведено аналіз використання зелених дахів, як об'єктів зеленої інфраструктури у м. Харків, розроблено конструктивно-географічні рекомендації з використання зелених дахів).

Публікації у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України

2. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31>

(*Особистий внесок здобувача:* проведено комплексний аналіз розробки та використання проєктів зеленої інфраструктури у країнах Європейського Союзу, США та країнах Сходу).

3. Максименко Н. В., Бурченко С. В., Шпаківська І. М., Кротько А. С. Оцінка вуглецевої ємності монопородних деревостанів – елементів зеленої інфраструктури м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. № 38. С. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-07>

(*Особистий внесок здобувача:* проведено дослідження породного складу об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків; проведено оцінку поглинання вуглецю зеленою інфраструктурою Харкова; розроблено рекомендації з

оптимізації зеленої інфраструктури для збільшення вуглецевої ємності території міста Харкова).

Публікації у наукових виданнях інших держав:

3. Maksymenko N., Sonko S., Skryhan H., **Burchenko S.**, Gladkiy A. Green infrastructure of post-USSR cities for prevention of noise pollution. *Society of ambient intelligence 2021: IV International Scientific Congress, Ukraine – Uzbekistan – Latvia April 12-16, 2021*. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>

(*Особистий внесок здобувача:* проведено оцінку шумозахисної функції зеленої інфраструктури міста Харкова на прикладі Салтівського (до 2022 року – Московського) району; обґрунтовано використання лінійних захисних насаджень, як об'єктів ЗІ для забезпечення шумозахисту селітебної зони).

4. Maksymenko N., Shpakivska I., **Burchenko S.**, Utkina K. Green infrastructure in Lviv – example of park zones. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. 2022. Vol. 25, issue 1. P. 37-43. DOI: <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0005>

(*Особистий внесок здобувача:* проведено польові дослідження зеленої інфраструктури міста Львів; розраховано коефіцієнт забезпечення міського населення об'єктами зеленої інфраструктури загального використання).

Наукові публікації, які додатково відображають наукові результати дисертаційного дослідження:

5. Максименко Н. В., **Бурченко С. В.**, Кочанов Е. О. *Особливості організації зеленої інфраструктури міста Харків*. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 125-154.

(*Особистий внесок здобувача:* польове дослідження зеленої інфраструктури м. Харків, проведено інвентаризацію зелених насаджень загального користування, визначено їх площу та розподіл за адміністративними районами міста; розроблено картографічні твори зеленої інфраструктури).

6. Кочанов Е. О., Коваль І. М., **Бурченко С. В.**, Уткіна К. Б., Гречко А. А. *Проблеми функціонування зеленої інфраструктури сучасних міст (на прикладі м. Харків)*. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 30-43.

(*Особистий внесок здобувача*: визначено основні проблеми зеленої інфраструктури; проведено аналіз законодавчої бази розробки зеленої інфраструктури; розроблено алгоритм створення проекту зеленої інфраструктури).

7. Maksymenko N. V., Voronin V. O., **Burchenko S. V.** Ecosystem service of carbon sequestration in forest landscape (on example of Kharkiv region, Ukraine). *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment: XVII International Scientific Conference (7-10 November 2023, Kyiv)*. Київ, 2023. (подано до друку)

(*Особистий внесок здобувача*: проаналізовано використання методики оцінки поглинання вуглецю лісовими ландшафтами, визначено інтенсивність поглинання вуглецю за породним складом).

Наукові публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертаційного дослідження:

8. Максименко Н. В., **Бурченко С. В.** Оцінка можливості реалізації концепції зеленої інфраструктури для Харківської області. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: тези доп. 9-ї міжнар. наук.-тех.конф.: Баку, Харків, Жиліна: ВА ЗС АР, НТУ «ХП», ДП «ХНДІ ТМ», УмЖ, 2019. С. 82.

(*Особистий внесок здобувача*: проведено попередню оцінку можливості реалізації зеленої інфраструктури).

9. **Бурченко С. В.** Аналіз існуючої законодавчої бази для реалізації концепції зеленої інфраструктури для Харківської області. *V-й всеукраїнський студентський*

форум студентів, аспірантів і молодих учених: тези доп.: Дніпро: ДНУ, 2019. С. 63-64.

10. **Бурченко С. В.** Порівняння критеріїв вибору об'єктів зеленої інфраструктури на регіональному та на міському рівнях. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XV Всеукраїнських наукових Таліївських читань: Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. С. 12-13.*

11. **Burchenko S.** Green infrastructure strategy for water management in Kharkiv. *Smart green&smart blue: open science conf.: Lviv, 2019. P. 37.*

12. **Burchenko S.** The role of language training internships Erasmus +program for postgraduate students. *Academic and scientific challenges of diverse fields of knowledge in the 21st century: матеріали 9-ї Всеукраїнської наукової конференції. Харків. С. 48-54.*

13. **Burchenko S.** Intercultural experience exchange of green and blue infrastructure development. *Сучасне суспільство і наука: актуальні дослідження молодих науковців: Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція, НЮУ імені Ярослава Мудрого, 29 травня 2020 р. С. 12-13.*

14. **Бурченко С. В.** Можливості розширення зеленої зони міста Харків з використанням об'єктів зеленої інфраструктури та природо-орієнтовних рішень. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань: Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. С. 21-22.*

15. **Бурченко С. В.** Теоретичні аспекти озеленення міст в Україні (на прикладі м. Харків). *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : збірник матеріалів 6-го міжнародного молодіжного конгресу, 09 – 10 лютого 2021 року. Львів: Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2021. С. 276.*

16. Maksymenko N., **Burchenko S.**, Miller K., Cohen L., Krivtsov V. Inventory of green roofs in Kharkiv (Ukraine) and Edinburgh (Scotland): current occurrence, future potential and implications for biodiversity and ecosystem services. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи: зб.*

тез доповідей I Міжнародної Інтернет-конференції (м. Харків, 26 лютого 2021 року). – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. С. 127-128.

(*Особистий внесок здобувача: проведено порівняння підходів до використання зелених дахів в Україні*)

17. **Burchenko S.** Green roofs for cities surface runoff regulation. *25th international scientific conference ENVIRO 2021: book of abstracts*. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra. 2021. P. 44 DOI: <https://doi.org/10.15414/2021.9788055224084>

(*Особистий внесок здобувача: проаналізовано конструктивні особливості створення зелених дахів*).

18. **Бурченко С. В.** Міські сади у контексті зеленої інфраструктури міст України. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XVII Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. С. 99-100.

19. **Burchenko S. V.**, Voronin V. O., Maksymenko N. V., Shpakivska I. M. Internship of Erasmus+ “Intense” for Evaluation of Green Infrastructure and Ecosystem Services of Foresty Landscapes in Lviv. *International research-to-practice conference on «Climate services: science and education» Conference Proceedings (22-24 September 2021)*. Odesa, 2021. P. 69-70.

(*Особистий внесок здобувача: проаналізовано використання концепції екосистемних послуг для оцінки зеленої інфраструктури*).

20. **Burchenko S.** Urban gardens in Ukrainian cities (Lviv, Kharkiv). *Scientific Conference of PhD. Students of FAFR, FBFS and FHLE SUA in Nitra with international participation - Proceedings of abstracts*. Slovak University of Agriculture in Nitra, 2021. P. 51.

21. Maksymenko N., **Burchenko S.** Research of the green-blue infrastructure of Kharkiv. *Socio-ecological resilience across Eurasia innovation for sustainability transition INTENSE Open Science Conference (Online/Tartu, Estonia, 5-7 October 2021)*. Tartu, 2021. P. 8.

(*Особистий внесок здобувача: визначено проблеми функціонування зелено-блакитної інфраструктури міста Харкова*).

22. **Бурченко С. В.** Використання об'єктів зеленої інфраструктури для підтримки біорізноманіття у містах. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*: матеріали IV (XV) Міжнародної наукової конференції молодих учених (Львів, 28 жовтня 2021 року). Львів, 2021. С. 45-47.

23. **Бурченко С. В.** Оцінка забезпеченості населення зеленими насадженнями загального користування (на прикладі індустріального району міста Харкова). *Охорона довкілля*: зб. наук. статей XVIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 78-81.

24. Buhakova M., **Burchenko S.** Perspectives of using green roofs in conditions climate changes for sustainable development of cities. *Congress Proceedings-V international Scientific congress Society of Ambient Intelligence 2022 (Student Sections)*. Praha, Oktan Print, 2022, – P. 10-12.

(*Особистий внесок здобувача*: розроблено основи використання зелених дахів для забезпечення сталого розвитку міських територій).

25. **Бурченко С. В.** Оцінка нормалізованого вегетаційного індексу м. Харків як підґрунтя для оцінки біорізноманіття. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*: матеріали V (XVI) міжнар. конф. молодих учених (Львів, 18-19 жовтня 2023 р.). Львів, 2023. С. 17-18.

(*Особистий внесок здобувача*: розроблено рекомендації для використання нормалізованого вегетаційного індексу для оцінки стану біорізноманіття урболандшафтів, визначено значення нормалізованого вегетаційного індексу для м. Харків).

Додаток Б

Таблиця Б.1

Визначення поняття «зелена інфраструктура» за різними підходами

№ з/п	Автор та/або назва роботи	Рік	Зміст поняття «зелена інфраструктура»
1	2	3	4
1	Mark Benedict Edward T. MacMahon Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century	2002	взаємопов'язана мережа зелених насаджень, які зберігають цінності екосистеми та приносять користь людям [4].
2	Mark Benedict Edward T. MacMahon Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities	2006	взаємопов'язана мережа природних територій та інших відкритих просторів, яка зберігає цінності та функції природних екосистем, підтримує чисте повітря та воду та забезпечує широкий спектр переваг для людей і дикої природи [3].
3	Natural England	2009	це стратегічно спланована та реалізована мережа високоякісних зелених насаджень та інших екологічних особливостей. Він має бути розроблений і керований як багатофункціональний ресурс, здатний забезпечувати широкий спектр екологічних переваг і переваг для якості життя для місцевих громад. Зелена інфраструктура включає парки, відкриті простори, ігрові майданчики, ліси, ділянки та приватні сади [6].
4	Health, Prosperity and Sustainability: the case for green infrastructure in Ontario	2012	природні рослинні системи та зелені технології, які спільно забезпечують суспільству безліч економічних, екологічних, та соціальних вигод [7].
5	Європейська комісія	2013	це стратегічно спланована мережа природних і напівприродних територій з іншими природними особливостями, розроблена та здатна надавати широкий спектр екосистемних послуг, таких як очищення води, підтримка якості повітря, забезпечення місць для відпочинку та пом'якшення наслідків зміни клімату і адаптації до нього [5].

Продовження таблиці Б1

6	Water infrastructure improvement act	2019	низка заходів, для яких використовують системи рослин або ґрунту, водопроникне покриття або інші водопроникні поверхні чи субстрати, акумуляцію та повторне використання зливової води або озеленення для акумуляції, інфільтрації або випаровування зливової води та зменшення потоку води до каналізаційних систем або до поверхневих вод [8].
7	Nakamura K., Izumi T., Shaw R., Ishiwatari M., Djalante R., Komino T., Sukhwani V., Adu Gyamfi B.	2020	це структурний підхід, який використовує природу, природний процес і механізми для розвитку інфраструктури та планування міста (або землекористування) під час розвитку економіки та суспільства [9].

Джерело: узагальнено, перекладено та систематизовано автором

Додаток В

Таблиця В1

Інвентаризація зеленої інфраструктури загального користування м. Харків

№ п/п	Назва	Площа, га
<i>Шевченківський район</i>		6200
1.	Саржин Яр	17
2.	Харківський лісопарк	2050
3.	Центральний парк культури та відпочинку ім. Горького	73,6
4.	Ботанічний сад	41,9
5.	Олексіївський лугопарк	19,65
6.	Харківський зоопарк	15
7.	Парк «Соснова гірка»	1,6
8.	Сквер майдану Свободи	3,0
9.	Сад імені Т. Шевченка	0,75
10.	Сквер воїнів-інтернаціоналістів	2,6
11.	Сквер 23 серпня	2,0
12.	Соборний сквер	0,6
13.	Сквер Тихонова	0,3
14.	Соборний узвіз	1,2
15.	Сквер Незалежності	2,0
16.	Сквер з прапором України	0,7
	Всього	2231,9
<i>Холодногірський район</i>		3540
17.	Парк Юність	11,8
18.	Савчин Яр	11,6
19.	Сквер імені Мещанінова	1,0
20.	Сквер біля будинку офіцерів	1,0
21.	Сквер пожежників	1
22.	Сквер мислителів	0,5
23.	Сад Тіволі	0,8
24.	Холодногірський сквер	2,0
25.	Сквер Добродецького	0,7
26.	Ботанічна пам'ятка природи «Залютинська»	3,0
27.	Лісові насадження	972
	Всього	1005,4
<i>Новобаварський район</i>		3470
28.	Парк Мирський гай	10,8
29.	Парк культури і відпочинку імені Г. Квітки-Основ'яненка	7,1
30.	Карпівський сад	8,4
31.	Парк ім. Фаріса Сафарова	2,9
32.	Григоровський бір	76,0
33.	Парк ОСГО	10,2
34.	Удянський гідропарк	54
	Всього	169,4
<i>Основ'янський район</i>		4599
35.	Крюківський заказник	39,3
36.	Сквер Стрілка	2,9

Продовження таблиці В1

37.	Сквер воїнів інтернаціоналістів	2,0
38.	Михайлівський сквер	1
39.	Червоношкільний сквер	0,3
40.	Сквер Героїв Небесної Сотні	1,8
41.	Сквер Суддівський	1
42.	Парк Основа	6,6
43.	Основ'янський ліс	126,6
44.	Ващенків бір	416
	Всього	597,5
<i>Слобідський район</i>		<i>2430</i>
45.	Велозаводський сквер	3,4
46.	Фентезі парк	4,5
47.	Бульвар Жасміновий	3,4
48.	Парк Машинобудівників	68,3
	Всього	68,3
<i>Немишлянський район</i>		<i>3107</i>
49.	Парк Зустріч	16,6
50.	Бульвар Юр'єва	11,4
51.	Сквер ім. Б. Хмельницького	4,1
	Всього	32,1
<i>Індустріальний район</i>		<i>3340</i>
52.	Зелений Гай	47
53.	Сквер Гулівер (ім. П. Кандаурова)	1,0
54.	Парк «Тракторозаводський»	9,6
55.	Парк Маяковського	10,7
56.	Олександрівський сквер	6,8
	Всього	75,1
<i>Салтівський район</i>		<i>3161</i>
57.	Сквер Фейербаха	0,7
58.	Сквер ім. ак. Павлова	1,5
59.	Сквер Кутакова	2,3
60.	Парк культури і відпочинку Перемога	45
61.	Площа захисників України	12,4
62.	Сквер за будинком культури ХЕМЗ	
63.	Парк пам'яті	6,3
64.	Кітлярчин струм	7,7
65.	Глибокий яр	9,0
66.	Всього	84,9
<i>Київський район</i>		<i>4620</i>
67.	Салтівський заказник	12
68.	Манжосів яр з джерелом	10,5
69.	Сквер Перемоги	3
70.	Молодіжний парк	9,2
71.	Журавлівський гідропарк	180
72.	Карякін сад	2,6
73.	Парк Жуки	17
74.	Театральний сквер	0,55

Продовження таблиці В1

75.	Чернишевський сквер	0,3
76.	Сквер Коцюбинського	0,2
77.	Сквер Гурченко	0,3
78.	Ботанічні пам'ятки природи («Інститутська», «Пушкінська», «Чорноглазівська», «Чорноглазівські дуби», на території будинку вчених)	1,0
	Всього	236,65
	Загальна площа зелених насаджень	4512,55

Джерело: розроблено автором

Додаток Г

Таблиця Г1

Розрахунок вуглецевої ємності об'єктами зеленої інфраструктури м. Харків

Об'єкт зеленої інфраструктури	Харків														
	площа, га	площі по групах	Склад	поновлення	індекс породного складу	А вік, роки	бонітет	В кодування бонітету (1 і 2)	В кодування бонітету (3 і 4)	тип ЛРУ	коефіцієнт типу ЛРУ	Р повнота	запас на м ³	сухостій, м ³ /га	захаращеність, м ³ на виділ
РЛП «Сокольники-Помірки»	1104,6	10,0	Дуб звичайний	н	10	60	1	25	6	С3	29	0,9	400	10	10
Лісовий заказник «Григорівський бір»	76	10	Сосна звичайна	н	10	60	1	25	6	С3	29	0,9	400	10	10
Лісовий масив Холодногірського району	945	10	Сосна звичайна	н	10	60	1	25	6	С3	29	0,7	350	10	10
Лісовий масив Основ'янського району	124	10	Сосна звичайна	н	10	60	1	25	6	С3	29	0,6	300	10	10
Ващенків бір	416	10	Сосна звичайна	н	10	60	1	25	6	С3	29	0,5	250	10	10

Продовження таблиці Г1

Об'єкт зеленої інфраструктури	запас С живої фітомаси											
	листя (хвоя)	гілки	стовбур	коріння	деревостан	запас С, т/га	підріст+підлісок, т		надґрунтовий покрив, т		разом жива фітомаса, т	жива фітомаса, т/га
РЛП «Сокольники-Помірки»	0,01	0,12	0,59	0,08	177347,99	160,55	1,96	1085,10	2,69	1336,52	179769,61	162,75
Лісовий заказник «Григорівський бір»	0,03	0,08	0,43	0,11	9807,21	129,04	1,20	45,74	3,22	34,20	9887,15	130,09
Лісовий масив Холодногірського району	0,03	0,08	0,43	0,11	106701,84	112,91	1,35	637,92	3,81	425,25	107765,01	114,04
Лісовий масив Основ'янського району	0,03	0,08	0,43	0,11	12000,93	96,78	1,41	87,66	4,14	55,80	12144,39	97,94
Ващенків бір	0,03	0,08	0,43	0,11	33551,00	80,65	1,46	304,52	4,49	187,20	34042,72	81,83

Продовження таблиці Г1

Об'єкт зеленої інфраструктури	запас С відмерлої фітомаси, т С						підстилка, т С	грунт, тС	загальний запас органічного вуглецю, Ст	запас органічного вуглецю, С т/га
	сухостій (крона)	сухостій (стовбур)	сухостій (коріння)	сухостій, С т	захарашеність, С т	разом відмерла фітомаса, С т				
РЛП «Сокольники-Помірки»	1	15	1	17,00	12,50	29,5	4223,24	290,00	184312,35	166,86
Лісовий заказник «Григорівський бір»	1	15	1	17,00	12,50	29,50	656,77	290,00	10863,42	142,94
Лісовий масив Холодногірського району	1	15	1	17,00	12,50	29,5	6040,31	290,00	114124,82	120,77
Лісовий масив Основ'янського району	1	15	1	17,00	12,50	29,5	658,74	290,00	13122,63	105,83
Ващенків бір	1	15	1	17,00	12,50	29,5	1775,69	290,00	36137,91	86,87

Джерело: розроблено автором

Додаток Д



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, тел. +38 057 706-13-54, +38 057 707-52-31, факс +38 057 705-02-41
E-mail: univer@karazin.ua, сайт: www.univer.kharkov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 02071205

02.11.2023 № 4301/367
на № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
за темою дисертації на здобуття наукового ступеня доктор філософії
Бурченко Світлани Володимирівни

Результати дисертаційного дослідження Бурченко Світлани Володимирівни за темою «Конструктивно-географічні основи оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків» були використані при виконанні Навчально-науковим інститутом екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна науково-дослідних робіт:

- «Ландшафтно-екологічне моделювання лісових насаджень зеленої зони м. Харків для оцінки екологічних ризиків» (номер державної реєстрації 0118U002171).
- Ревіталізація регулярних ландшафтних композицій об'єктів зеленої інфраструктури (номер державної реєстрації 0122U000878).

Проректор

з науково-педагогічної роботи



Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ

003+25

Додаток Е



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗИНА

майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, тел. +38 057 341-27-12
E-mail: univer@karazin.ua, сайт: https://karazin.ua/, код згідно з ЄДРПОУ 02071205

02.11.2023 № 4301/368
на № _____

Д О В І Д К А

про впровадження результатів наукових досліджень
за темою дисертації на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Бурченко Світлани Володимирівни

Дисертаційне дослідження за темою: «Конструктивно-географічні основи оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків» виконувалось в рамках реалізації проектів:

• Еразмус + «ІНТЕНС – Комплексна докторська школа з екологічної політики, менеджменту та техноекології» 586471-EPP-1-2017-1-EE-EPPKA2-SVNE-JP, а саме:

– участь у літній школі: «Водні інновації: політика, управління та дослідження» на базі Естонського університету наук про життя, м. Тарту, Естонія, 2019 року;

– індивідуальне стажування на базі Інституту екології Карпат Національної академії наук України у 2021 році, м. Львів, Україна;

• Міжнародного Вишеградського фонду «Зелено-голуба інфраструктура у містах країн колишнього СРСР – вивчаючи спадщину та досвід країн Вишеградської четвірки», а саме:

– участь у літній школі «Зелено-голуба інфраструктура у містах країн колишнього СРСР – вивчаючи спадщину та досвід країн Вишеградської четвірки» на базі Карпатського національного природного парку, м. Яремче, Україна).

Проректор
з науково-педагогічних робіт



Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ

000000

Додаток Є



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, тел. +38 057 706-13-54, +38 057 707-52-31, факс +38 057 705-02-41
 E-mail: univer@karazin.ua, сайт: www.univer.kharkov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 02071205

02.11.2023 № 4301/369
 на № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
 за темою дисертації на здобуття наукового ступеня доктор філософії
Бурченко Світлани Володимирівни

Результати дисертаційного дослідження за темою: «Конструктивно-географічні основи оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків» використовуються у навчальному процесі навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна при викладанні дисциплін для студентів спеціальності 101 Екологія «Організація управління в екологічній діяльності», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» та вибіркової освітньої компоненти «Зелено-блакитна інфраструктура», а також при керівництві міждисциплінарною курсовою роботою бакалаврів «Екологічні проблеми і шляхи їх вирішення».

Проректор

з науково-педагогічної роботи



Олександр ГОЛОВКО

003424

Додаток Ж



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського"

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024 тел.: (057) 704-16-69, 704-16-64,
 факс: 704-16-69, код згідно з ЄДРПОУ 00497058
 E-mail: nsc.issar@gmail.com, сайт: www.issar.com.ua

03.11.2023 № 03-09/599

Д О В І Д К А

про впровадження результатів наукових досліджень
 за темою дисертації на здобуття ступеня доктор філософії
Бурченко Світлани Володимирівни

Результати дисертаційного дослідження **Бурченко Світлани Володимирівни** за темою: *«Конструктивно-географічні основи оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків»* використані в науково-дослідних роботах, які виконувались у Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» в 2021-2022 рр. за ПНД НААН 1 «Ґрунтові ресурси України: інформаційне забезпечення, раціональне використання, менеджмент, технології» на 2021-2025 рр. за завданням 01.01.03.02.Ф «Розробити наукові основи управління родючістю гідродefіцитних ґрунтів в умовах змін клімату та земельних відносин», темою «Діагностичні показники родючості зрошуваних ґрунтів зеленої інфраструктури сельбищних ландшафтів для сталого управління в умовах змін клімату», етапом 2021 р. «Наукові засади вибору діагностичних показників зрошувальних ґрунтів приватних садіб для управління їх родючістю»; етапом 2022 р. «Управління родючістю гідродefіцитних ґрунтів зеленої інфраструктури сельбищних ландшафтів: світовий досвід та перспективи його втілення в Україні».

В.о. директора



Святослав БАЛЮК

Додаток 3



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «СЛОБОЖАНСЬКИЙ»
62002, Харківська обл., Богодухівський р-н, смт. Краснокутськ, вул. Зарічна 15 А
e-mail:npp_slobozhanskiy@ukr.net тел/факс.(05756)3-12-61

вих. № 307/06 від 03.11. 2023 року

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Бурченко Світлани Володимирівни,

підготовленого до захисту на здобуття наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю

Результати дисертаційного дослідження **Бурченко Світлани Володимирівни** за темою: *«Конструктивно-географічні основи оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків»* будуть використані на території НПП Слобожанський як методичний інструментарій облаштування рекреаційних ділянок в зоні регульованої та стаціонарної рекреації парку.

Начальник відділу державної охорони
природно-заповідного фонду
НПП «Слобожанський»



Сергій ОДНОРОБ

Додаток И



Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «ПИРЯТИНСЬКИЙ»
вул. Європейська, 14, м. Пирятин Полтавської області, 37000, тел. (+38 05358) 3-23-86
e-mail: parkpyr@meta.ua, код ЄДРПОУ 37673405

№ 559 від 03.10.2023 р.

Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна

Д О В І Д К А

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Бурченко Світлани Володимирівни,
підготовленого до захисту на здобуття наукового ступеню
доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю

Результати дисертаційного дослідження **Бурченко Світлани Володимирівни** за темою: *«Конструктивно-географічні основи оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків»* будуть використані на території НПП «Пирятинський» як методичний інструментарій облаштування рекреаційних ділянок у зоні регульованої та стаціонарної рекреації парку.

Директор



Максим Варава

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 12:19:18 27.11.2023

Назва файлу з підписом: Бурченко С.В. Дисертація.pdf (1).p7s
Розмір файлу з підписом: 8.4 МБ

Назва файлу без підпису: Бурченко С.В. Дисертація.pdf (1)
Розмір файлу без підпису: 8.3 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Бурченко Світлана Володимирівна

П.І.Б.: Бурченко Світлана Володимирівна

Країна: Україна

РНОКПП: 3452812545

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 12:15:05
27.11.2023

Сертифікат виданий: КНЕДП АТ "УКРСИББАНК"

Серійний номер: 4723196C41B46DB604000000DE630300AB110E00

Тип носія особистого ключа: Незахищений

Алгоритм підпису: ДСТУ-4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (CAAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований