

## 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. Огляд науково-методологічного блоку було взято із наукових закордонних та вітчизняних публікацій та тез конференцій. 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 висуваються 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 4077,8 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 of the optimization of the green infrastructure of Kharkiv. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining 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 dissertation 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 dissertation 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 review of the scientific and methodological block was taken from scientific foreign and domestic publications and theses of conferences. The normative-legal block was analyzed using the information of the Verkhovna Rada of Ukraine, the Cabinet of Ministers of Ukraine, and branch offices. The assessment of the ecological functions of green infrastructure was carried out on the basis of 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 following tasks were set and solved in the work: international and domestic experience in the implementation of the concept of green infrastructure of urban areas was summarized; the legal basis for using the concept of green infrastructure

is defined and analyzed; green infrastructure facilities have been established and characterized; conceptual approaches to the development of green infrastructure of the city of Kharkiv were developed, based on the assessment of the performance of ecological functions by green infrastructure, and a complex of research methods was formed; a preliminary assessment of the available green infrastructure of the city of Kharkiv was carried out; an evaluation of the ecological functions of green infrastructure was carried out: the level of public provision of green infrastructure for public use was assessed, 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 were evaluated as a whole; strategic directions and optimization measures to ensure the functioning of a single green infrastructure are substantiated; local address cases were developed for various districts of Kharkiv based on the functional assessment of green infrastructure.

Conceptual and terminological foundations of the concept of green infrastructure are revealed in the work based on the analysis of international and domestic experience in the development and use of the concept of green infrastructure. 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 concept of green infrastructure, 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 legal framework for the implementation of the concept of green infrastructure has been analyzed. The author studied regulatory, construction,

environmental, sanitary and hygienic and other documents; modern domestic initiatives regarding the concept of green infrastructure are analyzed.

Constructive-geographical approaches to the possibilities of optimization of the green infrastructure of the city of Kharkiv are summarized on the basis of the two main criteria that are put forward 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 function;
- surface runoff cleaning;
- carbon absorption;
- influence on the formation of the heat island effect of the city.

It was determined that ensuring the connectivity of green infrastructure is formed gradually by creating continuous strips of green infrastructure of the studied territory.

An algorithm for the development of green infrastructure was developed in accordance with the main criteria of green infrastructure objects - multifunctionality and connectivity. The problems of functioning of the existing green infrastructure are analyzed.

Green infrastructure objects have been systematized in accordance with Ukrainian legislation and building regulations, and the objects have also been divided 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 (do not require the allocation of significant areas) in accordance with functional and territorial features.



The environmental and socio-economic functions of green infrastructure objects are analyzed, and their characteristics are provided.

It was determined that the area of public green infrastructure facilities in the city of Kharkiv is 4,077.8 hectares. The distribution of green infrastructure facilities is uneven in the administrative districts of the city. The use of such green infrastructure facilities as green roofs, green walls, green parking lots, etc. is observed. However, some of the green infrastructure facilities are available in small quantities (1-3 units) or are completely absent (rain gardens).

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.

It was determined that green roofs of the extensive type are capable of cleaning surface runoff, but this function depends on the conditions of their operation. The ability of linear protective plantings as objects of green infrastructure to reduce the noise level in the settlement has been confirmed. On the example of nature reserve fund and forest plantations within the city, the volumes of carbon absorption from atmospheric air were calculated. A spatial model of the distribution of the heat island effect of the city and the distribution of green zones based on the normalized vegetation index has been developed.

Is substantiated the use of the concept of green infrastructure 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 have been developed to ensure the continuity of the network of green zones, increase the degree of greening of the territory and perform other ecological and socio-economic functions. For areas with the lowest degree of greening and providing the urban population with green infrastructure of general use, local cases of green

infrastructure development, such as arrangement, creation of a city garden, recreation area and restoration of the river floodplain, are proposed. In order to ensure the sewage treatment function, it is proposed to arrange rain gardens within the city limits. To reduce the heat island effect and regulate surface runoff, the use of green infrastructure facilities in the city's industrial zones is proposed. Recommendations for the arrangement of modular landscaping to reduce the heat island effect, cleaning and regulation of surface runoff have been developed/

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.