



supported by

• Visegrad Fund



# GREEN & BLUE INFRASTRUCTURE IN POST-USSR CITIES

EXPLORING LEGACIES  
AND CONNECTING TO V4 EXPERIENCE

## ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНА ІНФРАСТРУКТУРА В МІСТАХ ПОСТРАДЯНСЬКОГО ПРОСТОРУ

ВИВЧЕННЯ СПАДЩИНИ  
ТА ПІДКЛЮЧЕННЯ ДОСВІДУ КРАЇН V4

Collective monograph  
Колективна монографія

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В. Н. КАРАЗІНА

**GREEN & BLUE INFRASTRUCTURE IN POST-USSR CITIES:  
EXPLORING LEGACIES AND CONNECTING TO V4 EXPERIENCE**

*Collective monograph*  
*Edited by Nadiya V. Maksymenko, Anton D. Shkaruba*

**ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНА ІНФРАСТРУКТУРА В МІСТАХ  
ПОСТРАДЯНСЬКОГО ПРОСТОРУ: ВИВЧЕННЯ СПАДЩИНИ  
ТА ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ДОСВІДУ КРАЇН V4**

*Колективна монографія*  
*За редакцією Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба*



Харків – 2022

UDK 502.5:712.4/.5](47+57)  
G-78

**Reviewers:**

Massimo Sargolini, Full professor of Town and regional planning, Director of the School of Architecture and Design of University of Camerino, Italy;

Sergiy Sonko, DrSc, Prof. Department of Ecology and Safety of Vital Functions, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine;

Ganna Titenko, Candidate of Science (Geography), Associate Professor, Director of the Karazin Institute of Environmental Sciences, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine.

Authors: N. Maksymenko, A. Shkaruba, A. Achasov, V. Bezsonnyi, M. Bihuňová, M. Boiaryn, S. Burchenko, R. Vasyliuk, E. Wernerová, V. Voronin, O. Gololobova, M. Goptsiy, A. Hrechko, K. Zviahintseva, L. Jona, N. Kichuk, A. Klieshch, I. Koval, E. Kochanov, I. Kuzyk, A. Kuzminova, L. Kushchenko, M. Nazaruk, A. Nekos, V. Ovcharuk, P. Pasečný, V. Peresadko, J. Rubaszek, E. Semančíková, K. Sepp, A. Skryhan, K. Utkina, L. Tsaryk, N. Cherkashyna, Z. Shakirzanova, I. Shpakivska.

*Approved for publication by the decision of the Academic Council  
of V. N. Karazin Kharkiv National University  
(protocol № 15 of September 26, 2022)*

G-78 Green & Blue Infrastructure in Post-USSR cities: exploring legacies and connecting to V4 experience : collective monograph / Ed. by Nadiya V. Maksymenko, Anton D. Shkaruba. – Kharkiv : V. N. Karazin Kharkiv National University, 2022. – 400 p.

ISBN 978-966-285-780-1

The collective monograph was prepared by scientists from Ukraine, the Czech Republic, Poland, Slovakia, Hungary, the Netherlands and Estonia during the implementation of the project of International Visegrad Foundation “Green & Blue Infrastructure in Post-USSR Cities: exploring legacies and connecting to V4 experience”. It contains a comprehensive analysis of the problems of development and maintenance of green-blue infrastructure, which are related to aspects of policy, management and technology, and examples of effective solutions.

The monograph will be useful to the relevant academic community and a wide range of practitioners and specialists who are engaged in the development and management of GBI in Ukraine, and can also be used in the educational process of graduate students and students who conduct scientific research on this topic.

**UDC 502.5:712.4/.5](47+57)**

ISBN 978-966-285-780-1

© V. N. Karazin Kharkiv National University, 2022  
© Collective authors, ed. by Nadiya V. Maksymenko,  
Anton D. Shkaruba, 2022  
© Prudnik N. E., design of cover, 2022

**Рецензенти:**

Массімо Сарголіні – професор міського і регіонального планування, Директор Школи архітектури і дизайну Університету Камеріно, Італія;

Сонько С. П. – доктор географічних наук, професор, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва;

Тітенко Г. В. – кандидат географічних наук, доцент, директор Навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Автори: Максименко Н. В., Шкаруба А. Д., Ачасов А. Б., Безсонний В. Л., Бігуньова М., Боярин М. В., Бурченко С. В., Василюк Р. М., Вернерова Е., Воронін В. О., Гололобова О. О., Гонций М. В., Гречко А. А., Звягінцева К. О., Йона Л., Кичук Н. С., Клещ А. А., Коваль І. М., Кочанов Е. О., Кузик І. Р., Кузьміна А., Куценко Л. В., Назарук М. М., Некос А. Н., Овчарук В. А., Пасечний П., Пересадько В. А., Рубашек Ю., Семанчікова Е., Сепі К., Скриган А. Ю., Уткіна К. Б., Царик Л. П., Черкашина Н. І., Шакірзанова Ж. Р., Шпаківська І. М.

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради  
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна  
(протокол № 15 від 26. 09. 2022 року)*

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.

ISBN 978-966-285-780-1

Колективна монографія підготовлена вченими із України, Чехії, Польщі, Словаччини, Угорщини, Нідерландів та Естонії в ході виконання однойменного проекту Міжнародного Вишеградського фонду. Вона містить всебічний аналіз проблем розвитку та обслуговування зелено-блакитної інфраструктури, які пов'язані з аспектами політики, управління та технологій, та приклади ефективних рішень.

Монографія буде корисна відповідній академічній спільноті та широким колам практиків і фахівців, які займаються розробкою та управлінням ЗБІ в Україні, а також може використовуватись у навчальному процесі аспірантів та студентів, які проводять наукові дослідження за цією тематикою.

**УДК 502.5:712.4/.5](47+57)**

ISBN 978-966-285-780-1

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2022

© Кол. авторів, за ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба, 2022

© Пруднік Н. С., макет обкладинки, 2022

The logo for the Visegrad Fund features a central teal dot with four smaller teal dots positioned at the top, bottom-left, and bottom-right, forming a cross-like shape. The text "Visegrad Fund" is written in a teal, sans-serif font, centered horizontally and partially overlaid by the central dot.

## • Visegrad Fund

The project is co-financed by the Governments of Czechia, Hungary, Poland and Slovakia through Visegrad Grants from International Visegrad Fund. The mission of the fund is to advance ideas for sustainable regional cooperation in Central Europe.

Проект співфінансується урядами Чехії, Угорщини, Польщі та Словаччини через Вишеградські гранти Міжнародного Вишеградського фонду. Місія фонду полягає в просуванні ідей сталого регіонального співробітництва в Центральній Європі.

# CONTENTS

## **1. THE POST-SOVIET CITY: SOVIET HERITAGE AND CONTEMPORARY CHALLENGES**

### **1.1. The Soviet city as a unique example of urban planning and development**

*H. Skryhan, A. Shkaruba*

### **1.2. Modern spatial structure of post-Soviet cities**

*N. Maksymenko, A. Klieshch,  
N. Cherkashyna*

### **1.3. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ, ВИКЛИКИ ТА ЗАГРОЗИ ПОСТРАДІАНСЬКИХ МІСТ**

#### **1.3.1. Problems of the functioning of the green infrastructure of modern cities (on the example of the city of Kharkiv)**

*E. Kochanov, I. Koval, S. Burchenko,  
K. Utkina, A. Hrechko*

#### **1.3.2. Environmental aspects of anthropogenic transformation of the flora of the city of Kharkiv**

*K. Zviahintseva*

## **2. GREEN-BLUE INFRASTRUCTURE OF CITIES**

### **2.1. Green infrastructure & urban forestry: strategic management for mitigation and adaptation to climate change in the cities**

*H. Skryhan, A. Shkaruba*

#### **2.1.1. What does mean “green infrastructure”? Elements of green infrastructure**

#### **2.1.2. Why is green infrastructure so important to cities?**

# ЗМІСТ

## **1. ПОСТРАДІАНСЬКЕ МІСТО: РАДІАНСЬКА СПАДЩИНА ТА ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ**

### **1.1. Радянське місто як унікальний приклад містобудівного планування та розвитку**

*А. Скриган, А. Шкаруба*

### **1.2. Сучасна просторова структура пострадянських міст**

*Н. Максименко, А. Клещ,  
Н. Черкашина*

### **1.3. MODERN PROBLEMS, CHALLENGES AND THREATS OF POST-SOVIET CITIES**

#### **1.3.1. Проблеми функціонування зеленої інфраструктури сучасних міст (на прикладі м. Харків)**

*Е. Кочанов, І. Коваль, С. Бурченко,  
К. Уткіна, А. Гречко*

#### **1.3.2. Екологічні аспекти антропогенної трансформації флори м. Харкова**

*К. Звягінцева*

## **2. ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНА ІНФРАСТРУКТУРА МІСТ**

### **2.1. Зелена інфраструктура та міське лісове господарство: стратегічне управління для пом'якшення та адаптації до зміни клімату в містах**

*А. Скриган, А. Шкаруба*

#### **2.1.1. Що означає «зелена інфраструктура»? Елементи зеленої інфраструктури**

#### **2.1.2. Чому зелена інфраструктура така важлива для міст?**

|  |     |  |
|--|-----|--|
| 2.1.3. Strategies of green infrastructure development for climate change adaptation in the cities  | 71  | 2.1.3. Стратегії розвитку зеленої інфраструктури для адаптації міст до змін клімату  |
| 2.1.4. Green infrastructure and mitigation of the city heat island   | 74  | 2.1.4. Зелена інфраструктура та пом'якшення теплового острова міста  |
| 2.1.5. Green infrastructure and stream water management in the cities  | 78  | 2.1.5. Зелена інфраструктура та управління водними потоками в містах   |
| 2.1.6. Green infrastructure and conservation of the biodiversity   | 96  | 2.1.6. Зелена інфраструктура та збереження біорізноманіття   |
| <b>2.2. Implementation of the concept of green-blue infrastructure in European cities</b>  | 105 | <b>2.2. Реалізація концепції зелено-блакитної інфраструктури в Європейських містах</b>                                     |
| <b>2.2.1. Wildflower turfs in the city České Budějovice, the Czech Republic</b><br><i>E. Semančíková</i>                                     | 105 | <b>2.2.1. Газони з польовими квітами в місті Ческе-Будейовіце, Чехія</b><br><i>Е. Семанчікова</i>                          |
| <b>2.2.2. Case Studies of green and blue infrastructure solutions, Wrocław, Poland</b><br><i>Ju. Rubaszek</i>                                | 109 | <b>2.2.2. Практичні дослідження зелено-блакитних інфраструктурних рішень, Вроцлав, Польща</b><br><i>Ю. Рубашек</i>         |
| <b>2.2.3. Complex GBI development project in Győr, Hungary</b><br><i>L. Jona</i>   | 113 | <b>2.2.3. Комплексний проєкт розвитку зелено-блакитної інфраструктури в Дьорі, Угорщина</b><br><i>Л. Йона</i>              |
| <b>2.2.4. Bus station Nivy in Bratislava, Slovakia</b><br><i>M. Bihuňová, P. Pasečný</i>   | 116 | <b>2.2.4. Автостанція Ниви в Братиславі, Словаччина</b><br><i>М. Бігуньова, П. Пасечний</i>                                |
| <b>2.2.5. Revitalisation of the Dubová Creek, City Piešťany, Slovakia</b><br><i>M. Bihuňová, E. Wernerová</i>                                | 120 | <b>2.2.5. Ревіталізація струмка Дубова, місто П'єштяни, Словаччина</b><br><i>М. Бігуньова, Е. Вернерова</i>                |
| <b>2.3. Green-blue infrastructure of post-Soviet cities of Ukraine</b>   | 125 | <b>2.3. Зелено-блакитна інфраструктура пострадянських міст України</b>   |
| <b>2.3.1. Features of the organization of green infrastructure of the city of Kharkiv</b><br><i>N. Maksymenko, S. Burchenko, E. Kochanov</i> | 125 | <b>2.3.1. Особливості організації зеленої інфраструктури міста Харків</b><br><i>Н. Максименко, С. Бурченко, Е. Кочанов</i> |



|  |     |  |
|--|-----|--|
| <b>2.3.2. Green Infrastructure of Lviv: History and Modernity</b><br><i>M. Nazaruk</i>   | 155 | <b>2.3.2. Зелена інфраструктура міста Львів : історія і сучасність</b><br><i>М. Назарук</i>  |
| <b>2.3.3. Geoecological features of the green-blue infrastructure of the Ternopil city</b><br><i>L. Tsaryk, R. Kuzyk</i>   | 172 | <b>2.3.3. Геооекологічні особливості зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль</b><br><i>Л. Царик, Р. Кузик</i>                                    |
| <b>2.3.4. Green-blue infrastructure of the city of Ivano-Frankivsk</b><br><i>R. Vasylyuk</i>   | 191 | <b>2.3.4. Зелено-блакитна інфраструктура м. Івано-Франківськ</b><br><i>Р. Василюк</i>  |
| <b>2.3.5. Functioning features of the blue infrastructure of the city of Lutsk</b><br><i>A. Nekos, M. Boiaryn</i>  | 203 | <b>2.3.5. Особливості функціонування блакитної інфраструктури міста Луцьк</b><br><i>А. Некос, М. Боярин</i>  |
| <b>2.3.6. Surface reservoirs and springs of the city of Kharkiv, as components of the blue infrastructure of the city of Kharkiv</b><br><i>N. Maksymenko, V. Peresadko</i> | 216 | <b>2.3.6. Поверхневі водойми і джерела м. Харків як складові блакитної інфраструктури м. Харків</b><br><i>Н. Максименко, В. Пересадько</i>               |
| <b>2.3.7. Ecological aspects of the formation of blue infrastructure in the city of Yaremche (Carpathian National Natural Park)</b><br><i>M. Hoptsiy, L. Kushchenko</i>    | 230 | <b>2.3.7. Екологічні аспекти формування блакитної інфраструктури м. Яремче (Карпатський національний природний парк)</b><br><i>М. Гопцій, Л. Куценко</i> |
| <b>3. TRANSFER OF KNOWLEDGE AND PRACTICES. INNOVATIONS IN URBAN PLANNING AND MANAGEMENT</b>  | 245 | <b>3. ТРАНСФЕР ЗНАТЬ ТА ПРАКТИК. ІННОВАЦІЇ У МІСТОБУДІВНОМУ ПЛАНУВАННІ ТА УПРАВЛІННІ</b>   |
| <b>3.1. ESS analysis and Green Network by the example of the VivaGrass Project. Estonia</b><br><i>K. Sepp</i>  | 246 | <b>3.1. ГІС-аналіз та Зелена мережа на прикладі проєкту VivaGrass. Естонія</b><br><i>К. Сепп</i>   |
| <b>3.2. Prospects for the use of landscape and ecological planning in cities</b><br><i>N. Maksymenko, N. Cherkashyna</i>   | 249 | <b>3.2. Перспективи використання ландшафтно-екологічного планування у містах</b><br><i>Н. Максименко, Н. Черкашина</i>                                   |
| <b>3.3. Innovations in the organization of the green infrastructure of city Kharkiv and prospects for its development</b><br><i>N. Maksymenko, O. Gololobova</i>           | 265 | <b>3.3. Інновації в організації зеленої інфраструктури м. Харків та перспективи її розвитку</b><br><i>Н. Максименко, О. Гололобова</i>                   |

**3.4. Carbon capacity of urboecosystems as a mitigation option of climate change (possibility of assessment and management)**

*I. Shpakivska*

292

**3.4. Вуглецева ємність урбоєкосистем як можливість пом'якшення кліматичних змін (можливості оцінки та управління)**

*I. Шпаківська*

**3.5. Adaptation of the integral indicator of environmental safety of water in the conditions of the functioning of the city's GBI**

*A. Nekos, V. Bezsonnyi*

301

**3.5. Адаптація інтегрального показника екологічної безпеки води в умовах функціонування ЗБІ міста**

*A. Некос, В. Безсонний*

**3.6. Determination of the features of the thermal regime of the city using remote sensing data (on the example of the city Kharkiv)**

*A. Achasov, A. Kuzminova*

317

**3.6. Визначення особливостей теплового режиму міста за допомогою даних дистанційного зондування (на прикладі м. Харків)**

*A. Ачасов, А. Кузьміна*

**3.7. Innovations in the organization, research and management of water protection zones of rivers in large cities**

*A. Klieshch, N. Maksymenko*

338

**3.7. Інновації в організації, дослідженні та управлінні водоохоронними зонами річок у великих містах**

*A. Клещ, Н. Максименко*

**3.8. The potential of using dendrochronological information for assessing the intensity of recreation load in the plantations of the Green Zone of the city of Kharkiv**

*I. Koval, V. Voronin*

359

**3.8. Потенціал використання дендрохронологічної інформації для оцінки інтенсивності рекреаційного навантаження в насадженнях зеленої зони м. Харків**

*І. Коваль, В. Воронін*

**3.9. Innovative complex method of probabilistic forecasting modeling spring flood characteristics and assessment of environmental risks for urban landscapes of the Dnieper basin under climate change**

*V. Ovcharuk, Z. Shakirzanova, N. Kichuk, M. Hoptsiy*

380

**3.9. Інноваційний комплексний метод ймовірнісно-прогностичного моделювання характеристик весняного водопілля та оцінки екологічних ризиків урболандшафтів басейну Дніпра в умовах мінливості клімату**

*В. Овчарук, Ж. Шакирзанова, Н. Кичук, М. Гонцій*

**1**



**THE POST-SOVIET CITY:  
SOVIET HERITAGE AND  
CONTEMPORARY CHALLENGES**

**ПОСТРАДЯНСЬКЕ МІСТО:  
РАДЯНСЬКА СПАДЩИНА  
ТА ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ**

## **1.1. THE SOVIET CITY AS A UNIQUE EXAMPLE OF URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT**

---

### **1.1. РАДЯНСЬКЕ МІСТО ЯК УНІКАЛЬНИЙ ПРИКЛАД МІСТОБУДІВНОГО ПЛАНУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ**

#### **SKRYHAN Hanna**

Candidate of Science (Geography), Associate Professor.  
Erda Research, Technology, Education, Ceintuurbaan  
211, 3051KC Rotterdam, Netherlands,  
skrane4ka@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-3767-6923>

#### **SHKARUBA Anton**

Candidate of Science (Geography), Senior Researcher of  
Estonian University of Life Sciences, Institute of  
Agricultural and Environmental Sciences, Chair of  
Environmental Protection and Landscape Management,  
Kreutzwaldi 1, 51006 Tartu, Estonia,  
<https://orcid.org/0000-0003-2536-2123>  
anton.shkaruba@emu.ee

The chapter provides a detailed review of the publications of scientists from the countries of Central and Eastern Europe devoted to the analysis of the phenomenon of the “Soviet” city. Urban planning in socialist cities was intended (among other things) to demonstrate the victory of socialism and the realization of great socialist ideas. In urban planning, this was reflected in the emphasis placed on the city center and open public spaces; in large park and forest park areas, giant development projects, huge industrial areas, public transport oriented transportation system.

The subsequent post-socialist transformation was caused by changes in institutions, social, cultural and political life, the transformation of urban planning activities. The free market with private ownership and the decentralization of government were the main



driving forces that transformed the former socialist cities. The emerging demographic problems (decrease in population, both as a result of a decrease in natural growth and as a result of migration), the aging of the population have led to a change in the demand for housing and its main characteristics. The economic stratification of the urban population has also contributed to socio-spatial segregation, and the sharp increase in the number of private cars has created problems of congestion and high levels of air pollution.

Formally, the post-socialist transformation of cities has been completed and the socio-economic, political and cultural conditions have completely changed. However, in the spatial structure of post-socialist cities, the Soviet legacy is still traced, the elements of which have different viability and preservation in different institutional conditions. The undeniable complexity of the transformation process has created unique challenges for the planning and urban policy of post-socialist cities.

**Keywords:** post-socialist city, transformation, urban planning, planning.

**СКРИГАН Анна Юріївна** – кандидат географічних наук, доцент, Ерда – дослідження, технології, освіта. Центуурбан 211, 3051 КС Роттердам, Нідерланди, skrane4ka@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-3767-6923>

**ШКАРУБА Антон Дмитрович** – кандидат географічних наук, старший науковий співробітник Естонського університету природничих наук, Інститут аграрних та екологічних наук, кафедра охорони навколишнього середовища та управління ландшафтом, Kreutzwaldi 1, 51006 Тарту, Естонія, anton.shkaruba@emu.ee  
<https://orcid.org/0000-0003-2536-2123>

У розділі дається докладний огляд публікацій вчених із країн Центральної та Східної Європи, присвячених аналізу феномену «радянського» міста. Містобудівне планування в соціалістичних містах мало на меті (крім іншого) демонстрацію перемоги соціалізму і реалізацію великих соціалістичних ідей. У плануванні міст це відбилосся на наданні особливого сенсу центру міста та відкритим громадським просторам; у великих паркових та лісопаркових зонах, гігантських проектах розвитку, величезних промислових зонах, транспортній системі, орієнтованій на громадський транспорт.

Наступна постсоціалістична трансформація була викликана змінами в інститутах, соціальному, культурному та політичному житті, трансформації містобудівної діяльності. Вільний ринок з приватною власністю та децентралізація управління виявились основними рушійними силами, що змінили колишні соціалістичні міста. Демографічні проблеми, що з'явилися (зменшення чисельності населення як внаслідок зниження природного приросту, так і внаслідок міграції), старіння населення призвели до зміни попиту на житло та його основні характеристики. Економічне розшарування міського населення також сприяло соціально-просторовій сегрегації, а кількість особистих автомобілів, що різко збільшилася, породила проблеми пробок і високого рівня забруднення повітря.

Формально постсоціалістична трансформація міст завершилася, і соціально-економічні, політичні та культурні умови повністю змінилися. Однак у просторовій структурі постсоціалістичних міст все ще простежується радянська спадщина, елементи якої мають різну життєздатність і безпеку в різних інституційних умовах. Безперечна складність процесу трансформації створила унікальні проблеми для планування та міської політики постсоціалістичних міст.

**Ключові слова:** постсоціалістичне місто, трансформація, містобудівна діяльність, планування.

---

Urbanists debate whether there are fundamental differences between a capitalist and a socialist city. On one side urbanists claim that for instance collective ownership and centralized planning in socialist countries defined a crucial difference with capitalist cities driven by market competition and local decision-making. More recently, other urbanists claim that no such thing is the case; forces of urbanisation, industrialisation and networking are the same for all cities, from one political regime to another. Political regimes only have a minor influence in correcting the basic language of urban morphology.

We need to understand what specific features created socialist elements in city structures and how they were represented in physical space. From land use point of view, functional zoning and physical spatial structure socialist cities had historical core, housing, industrial, commercial areas, open and public spaces, greenery, engineering infrastructure. The crucial point is how city space is organized and which way functional zones are combined? The answer is not simple. Physical structure is a result of (1) vision of professional (architects and developers), (2) vision and policy of local authorities, (3) vision and expectation of public.

Vision of professionals depends on modern trends in architecture, techniques and technologies, from one hand. From other hand, it depends on dominant concepts in professional community, standards, norm and rules, formal and informal planning procedures, impacts of policy and influence of leadership among professionals and decision-makers. For example, technocratic ideas in regards to city spatial structure were dominant paradigm in architecture in the 1930-s and widely spread among Soviet architects. These ideas were presented as the best solution for “socialist” city and were written down in Building standards, Rules of urban development and land use, planning procedures. The concept of linear city was developed [3, 4]. First Rules and norms of urban development in USSR were approved in 1958. They established definitions of functional zoning, industrial city district, mini housing district (microrayon), introduced typology of city roads and functional zones, approved norm of “living space” per capita - 9 m<sup>2</sup>. Architects had to work under strong press of technocratic concept, Rules and norms, in frame of establishing planning procedures. They developed “typical” projects and planning solutions (see, for example, [2, 5, 1], which were spread throughout USSR and Soviet bloc without any dependence on local conditions.

Local authorities in USSR were “brokers” between Centre and Periphery [14], they provide communist ideology and national politic and economic goals at the city level. In accordance with Stalin’s vision of cities, industrialization was the main economic goal and cities became pivotal elements of industrial



system of country. Industrial enterprises were “city-organized” elements, core of city spatial structure. Housing, commercial areas, public spaces and greenery were dependent elements, parts of “industrial infrastructure”. Large industrial enterprises provided social infrastructure and “departmental” housing to their workers. All of this reflected in physical (huge industrial and housing areas, mono functional districts, transportation city system) and social (underdevelopment of services, lack of housing) structures of city. Industrialization required to attract a lot of new workers and led to strong migration between villages and cities. Main Soviet cities became cities of migrants. Migration aggravated the lockage of housing and underdevelopment of social infrastructure. In these conditions massive construction of huge housing blocks looked as appropriate way to solve problems. It was a way of improving living conditions for many people. High-rise residential blocks at the city periphery are a remarkable sign of socialism even now [18, 12, 8, 13]. Residential blocks provided basic social needs, but lack sufficient retail and employment opportunities [20].

Communist ideology which refused “old BURGUA” world in combination with economic efficiency led to declining old housing, conservation of historical core wasn’t taken into account. “New construction is better than old one” became not only principle of planning and management, but life style of Soviet people. This policy was spread into CEE countries after WWII [6, 7, 19].

Municipal governance was carried out by three power branches: Communist Party, Ministries and municipalities. Communist Party was an umbrella of planning and management solutions. In general, it didn’t have duties in city development, but at the same time, nothing could be constructed, designed or created without its approval. Industrial enterprises were under Ministries and sometimes they were supervised by Ministry directly. Departmental infrastructure and housing managed directly by enterprises and Ministries, not by municipalities. Municipality couldn’t influence on large industrial enterprises and their social infrastructure and housing, quite huge area of city was out control of local authorities. This “unending tension between economic center and territorial unit dominates strategies intended to guide socioeconomic and physical development in Leningrad as well as more generally in other Soviet cities and their regions” [14], economic and physical planning were not fully integrated [10].

General public lived in accordance with Communist ideology provided classless society, dominance of collectivism under individualism and refusing individual wealth. Socialist housing policy and absence of land and real estate market were main instrument supported mixture of societal straths. It leads to low level of socio-economic segregation [12, 10]. Social

segregation was presence in city structure by implicit way. One of the implicit segregation mechanism was the distribution of departmental housing and services, summer houses (dachas), ownership of car and garage. People couldn't sale or buy real estates, but could exchange. This "shadow" exchange market was other implicit mechanism of social segregation in cities. The third mechanism was housing policy as well. Size of housing estates depended on number of family members and distributed among families with legally married parents. Lonely people, families without official registration of marriage couldn't improve their living conditions. From other hand, such housing policy frizzed demographic structure and second demographic transition [17].

One of the most important point of socialist system was a total control over all aspects of politic, economic and social life at the societal and individual level.

Total control in economy led to strong top-down system of planning, financing and implementation of all projects including urban development. "The concept of rational, scientific planning was one of the ideological pillars of communism" [10] . Planning rules and norm grounded number, size and locations of housing, commercial points, educational and health care institutions, service enterprises. Therefore, state limited by administrative way incomes and consumption at the individual way, size and development of the cities at whole [18]. As a consequence, socialist cities were more compact, than capitalist [13, 8] All resources (and land) belonged to state, land market, market of real estate in cities were absence. Housing, access to services and social infrastructure were *rights* of citizens.

State in triply face (Communist party, Ministries and municipalities) was along actor in spatial planning process. General public *de facto* was excluded from decision-making process. Local authorities had a little opportunity to influence on urban planning [14, 10]. The procedure of city planning was simple: architects and developers (as state agencies) should interconnect with Ministries and municipalities (state agencies) at the higher level. Conflicts of interests were ignored in this system, if to be honest, conflicts couldn't exist due to dominance of Communist ideology and main idea about classless, conflictless and harmonic socialist society. The main instruments of urban planning were (1) Master plan which was developed for 20 years, (2) departmental plans which were developed for 5 years and (3) social-economic municipal plans which were developed for 5 years.

City space became an *arena* of visual successes and win of socialism, implementation of great socialist ideas. It reflected on some specific in physical and functional structure:



– special “sense” and organization of city center [11] and open public spaces. City centre was for manifestations and PARAD et etc. There are a lot of monuments, special open places, parks were created. City center concentrated main retail, offices, theatres, commercial centers and governmental bodies [10]. At the same time, residential and industrial areas also located in the city centre. Usually, these residential areas included pre-socialist buildings, many of them had historic and cultural value. Local authorities paid a little attention to their state and condition. Old industrial enterprises located in the city centre are the challenge for present urban development;

– large areas of parks and public spaces [12, 8]. “Big green areas may well be the most positive building legacy of the socialist period” [8];

– scale of developing projects. A clear contrast between socialist and post-socialist forms is notable in terms of scale. “Socialist civic projects were marked by grandeur” [9]. It should be mention, that it is a very questionable point. For example, Russia, Belarus, Ukraine and Kazakhstan implemented huge building projects after USSR collapse despite on market-oriented economy, privatization and shortage of state financial funding. The point “Big is beautiful” is a question of mentality rather than economy.

– huge industrial areas from city center to periphery [10, 8, 9]. Industrial areas occupied more city space in compare with Western cities. It is a reflection of communist ideology;

– housing estates were organized in mikrorayons, population density increased from city center to periphery, as a high of estates [20]. Even now socialist estates are a home for 60 % of Sofia’s population, 77 % of Bratislava’s and 82 % of Bucharest’s [8];

At the same time, in old cities were areas with wooden, mostly private, village-type households. They located in downtown (pre-socialist buildings or past-war WWII constructions occupied non-appropriate lands for high-rise housing estates) and in city periphery (villages and old summer houses which were included in city boarders). “The urban area has a relatively sharp urban edge eroded in some spots by small clusters of dacha (secondary homes) settlements and old villages, which were absorbed by the metropolitan areas during post-war urban expansion” [10].

– transport system were organized based on public transportation [12] with a few parking places in residential and commercial areas.

At least we should mention that environmental protection was not an issue for city planners and local authorities. But opinion that “majority of the environmental problems of the cities in the region are linked to the heavy legacy

of the communist past” [10] is not all true. In accordance with EU Environmental Commission, the environment quality is declining in the region after recovering of economy in the second half of 90-s. Therefore, low environmental quality is not a typical feature of socialist city, it is a feature of any city.

Sýkora and Bouzarovski [16] proposed a conceptual framework for interpreting of post-socialist urban changes: (1) institutional transformations; (2) transformations of the social, economic, cultural and political practices exhibited in the everyday life of people, firms and institutions and resulting in social restructuring; and, (3) the transformation dynamics of urban change. Speed and depth of transition vary from country to country. In respect to transition path countries could be grouped in three clusters [10]: (1) fast and depth political and economic transformation, (2) market-based transformation with strong presence of centralized power and (3) transformation without clear consensus about path. Despite the transition path, period after collapse associates with economic crises, increasing of unemployment, poverty and social inequity.

The main outcomes of institutional transformations, which influenced urban development were 1) new societal rules established on democratic policy and (free) market principles; 2) a vast number of private actors operating in the city (including property owners); 3) an openness of local economic systems to international economic forces [16]. The process is path dependent, embedded in historical social norms and specific institutional patterns, where new elements combine with different adaptations of existing organizational forms and practices [21]. Informal institutions, individual attitudes, and public perceptions are often hardest to change [10]. Post-socialist society is facing other challenge of ongoing transition: to change every day experience and behavior, informal social interactions, values and attitudes.

Decentralization is “a key dimension of the national transition from a command to a market economy” [18] and led to drastic changes in urban governance. Negative impacts were: fragmentation of local governments, overlapping of duties, low level of financial independence, absence of coordination mechanism [11, 12, 18, 20 ].

Economic transition was directed to free, un-regulated market under neo-liberal ideology [21, 16]. De-industrialization was the main trend in post-socialist countries. Many huge socialist enterprises were closed or were privatized. This process was usually accomplished by strong cutback of production [12]. De-industrialization left significant brownfields, posing both a potential for redevelopment as well as a threat of further decay [16].

The main result of economic reforms became an impressive economic growth since beginning of XXI century in post-socialist countries. The growth of economic



activities was concentrated in the service sector [20, 16]. However, it offered low paid-jobs and has not brought any substantial strengthening of the urban economic base [16]. Major trends linking with retail sector were restructuring and redevelopment of retail space, building of new shopping centers in-city and out-of-city locations with parking and comfortable transport connection.

“Privatisation of housing has become the flagship of the decade” [20] and led to the dominance owner-occupation, strongly determined the mobility of population and urban regeneration [16]. Now the housing privatization process has come to the end [17, 20], while other institutions have reached new equilibrium. Privatization has negative consequences. For example, result of total privatization is declining of social infrastructure, especially communal living standards, access to quality public health care and education [10]. From other side, privatization involved cities in global interactions and competitions due to foreign business participation.

The two dominant demographic trends in the region are population decline and rapid aging [10, 15]. Changes in demographic behavior led to “a postponement or complete resignation of marriage and parenthood, decisive changes in household structures as well as an increased importance of migration” [15]. The values and preferences of younger generation reflected in the increasing demand on smaller housing in the city centre. Population migration had several controversial directions: (1) from city to suburbs firstly, people with quite high incomes for better life conditions in own houses, secondly, people with low incomes [16]) as a way to survive in new economic reality; (2) from rural to urban areas by the promise of greater employment opportunities [10] ; (3) labor migration from other countries leading to the formation of new ethnic enclaves in cities [16]. Population mobility changed the transportation system: private cars were looked more attractive than public transport [20, 18]. Drastic increasing of own cars and traffic flows in the cities led to spatial and environmental issues in post-socialist cities.

Social-spatial stratification took place in cities [10]. Income disparities were reflected in the re-emergence of pre-socialist patterns of residential differentiation, the establishment of new enclaves of affluence and the emergence of segregated districts of social exclusion [16]. For example, emerging of gated communities [8], high-income housing in city centers [16], low-income households in socialist residential estates and some central parts of cities [10].

Post-socialist cities met various environmental issues linked to air pollution as a result of increasing of automobile traffic; waste management as a result of declining of public services and political decentralization [10]; shrinking green spaces as a result of privatization and restitution.

Institutional transformation is formally over and socio-economic conditions have changed totally, but post-socialist cities still continue transformations in city built environment, spatial and functional structure. Results of transition depend on speed and depths of institutional, economic and social transformations. We can make assumption that in cities from different groups (according to [10] ) changes in built environment strongly vary, but some socialist elements continue to exist without any dependence from institutional and socio-economic transformations, as well as other elements were replaced and stopped their existence. The question is what social elements continue to exist and why?

Transformations of built environment have often been left to the operation of free market, but at the same time old rigid physical planning tools and instruments are continued to use [16]. The undeniable complexity of transformation process created unique challenges for planning and urban policy [21]. Urban planning process in post-socialist cities should be redefined its territory, power and public involving. It is the main challenge for planners to deal with competing interests, plurality of property rights, investor interests and insuring of quality of environment and life conditions. The success of transformation could be described as an ability of local governments and planners to manage conflicts over property rights, resources and investment priorities.

Local authority has responsibility to maintain technical infrastructure and urban social services. However, economic downturn subsides restricting as a result of institutional reforms and significant cuts of local budgets, led to (1) increasing of costs to maintain municipal and social services, (2) declining of quality of municipal and social services, (3) necessary to development special policy and programs to deal with this issues.

---

### Список використаних джерел до розділу

1. Авдоткин Л. Н. Градостроительное проектирование. Москва: Стройиздат, 1989. 432 с.
2. Бутягин В. А. Планировка и благоустройство городов. Москва: Стройиздат, 1974. 316 с.
3. Милютин Н. А. Соцгород. Проблема строительства социалистических городов. Основные вопросы рациональной планировки и строительства населенных мест СССР. Москва-Ленинград: Гос. изд-во, 1930. 83 с.
4. Хан-Магомедов С. О., Гинзбург М. Я. Серия: Мастера архитектуры. Москва: Стройиздат, 1972. 182 с.
5. Яргина З. Н. Основы теории градостроительства. Москва: Стройиздат, 1986. 320 с.
6. Elter I., Baross P. City profile: Budapest. *Cities*, Vol. 10 (3), 1993, pp. 189–197.

7. Jürgens U. City profile: Leipzig. *Cities*, Vol. 13 (1), 1996, pp. 37–43.
8. Hirt S. Whatever happened to the (post)socialist city? // *Cities*, Vol. 32 (1), 2013, pp. 29–38.
9. Hirt S. Post-socialist urban forms: notes from Sofia. *Urban Geography*, Vol. 27 (5), 2006, pp. 464–488.
10. Hirt S., Stalinov K. Twenty Years of Transition: The Evolution of Urban Planning in Eastern Europe and the Former Soviet Union, 1989–2009. UN-HABITAT, 2009. 166 p.
11. Kostinskiy G. D. Post-Socialist Metropolises in Transition. Web-resource: <http://www.sre.wu.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa98/papers/433.pdf>. Date of access: 28.10.2013.
12. Noody A. Socio-Economic Segregation and Urban Form in Post-Socialist Budapest. <http://www.fulbright.hu/book4/anthonynoody.pdf>. Date of access: 23/10/2013.
13. Pichler-Milanović N. Urban development in Central and Eastern Europe: from transition to »creative« competition? *Report on 41<sup>st</sup> ISoCaRP Congress, Bilbao*, 17–20 October, 2005. [http://www.isocarp.net/Data/case\\_studies/585.pdf](http://www.isocarp.net/Data/case_studies/585.pdf). Date of access: 23/10/2013.
14. Ruble B. A. Leningrad. Shaping a Soviet City. Oxford, 1990. 328 p.
15. Steinführer A., Haase A. Demographic Change as a Future Challenge for Cities in East Central Europe. *Geogr. Ann.*, 2007. 89 B (2): 183–195 p.
16. Sýkora L., Bouzarovski S., Multiple Transformations: Conceptualising the Post-communist Urban Transition. *Urban studies*. 49 (1). 2012. pp. 43–60.
17. Tammaru T., van Kempen R., Gentile M. Heteropolitization: Social and Spatial Change in Central and East European Cities. *Cities* 29 (5), 2012, pp. 291 – 350.
18. Tosics I. Determinants and Consequences of Spatial Restructuring in Post-Socialist Cities. *Conference: “Winds of Societal Change: Remaking Post-Communist Cities”*, University of Illinois, June 18–19, 2004. - [http://qcora.web.elte.hu/1/!!!Orsi/Havanna\\_lak%F3telep/restate/Tosics.pdf](http://qcora.web.elte.hu/1/!!!Orsi/Havanna_lak%F3telep/restate/Tosics.pdf). Date of access: 23/10/2013.
19. Turnock D. City profile: Bucharest. *Cities*, Vol. 7 (2), 1990, pp. 107–118.
20. Tsenkova Sh. Post-socialist Cities in a Globalizing World. Web-resource: [http://pro.union-habitat.org/structu/m-europe.nsf/62569fb6fa5eb929c12566e20077b9ba/a886158cb75bffe1\\_c125727a00299068/\\$FILE/d%C3%A9veloppement%20urbain.pdf](http://pro.union-habitat.org/structu/m-europe.nsf/62569fb6fa5eb929c12566e20077b9ba/a886158cb75bffe1_c125727a00299068/$FILE/d%C3%A9veloppement%20urbain.pdf). Date of access: 28.10.2013.
21. Tsenkova Sh. Planning Trajectories in Post-socialist Cities: Patterns of Divergence and Change. *CBEES' Working paper 1:2012*. Web-resource: [http://webappl.web.sh.se/p3/ext/res.nsf/vRes/cbees\\_engelsk\\_wp\\_1\\_2012\\_pdf/\\$File/WP%201.%202012.pdf](http://webappl.web.sh.se/p3/ext/res.nsf/vRes/cbees_engelsk_wp_1_2012_pdf/$File/WP%201.%202012.pdf). - Date of access: 11.11.2013.

---

## References to the chapter

1. Avdot'in, L. N. (1989). *Urban design*. Moscow: Stroyizdat.
2. Butyagin, V. A. (1974). *Planning and improvement of cities*. Moscow: Stroyizdat.
3. Milyutin, N. A. (1930). *Sotsgorod. The problem of building socialist cities. The main issues of rational planning and construction of populated areas in the USSR*. Moscow-Leningrad: State publishing house.
4. Khan-Magomedov, S. O., Ginzburg M. Ya. (1972). *Series: Masters of Architecture*, Moscow: Stroyizdat.
5. Yargina, Z. N. (1986). *Fundamentals of the theory of urban planning*. Moscow: Stroyizdat.
6. Elter, I., Baross, P. (1993). City profile: Budapest. *Cities*, 10 (3), 189–197.
7. Jürgens, U. (1996). City profile: Leipzig. *Cities*, 13 (1), 37–43.

8. Hirt, S. (2013). Whatever happened to the (post)socialist city? *Cities*, 32 (1), 29-38.
9. Hirt, S. (2006). Post-socialist urban forms: notes from Sofia. *Urban Geography*, 27 (5), 464-488.
10. Hirt, S., Stalinov, K. (2009). *Twenty Years of Transition: The Evolution of Urban Planning in Eastern Europe and the Former Soviet Union, 1989-2009*. UN-HABITAT.
11. Kostinskiy, G. D. Post-Socialist Metropolises in Transition. Retrieved from <http://www.sre.wu.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa98/papers/433.pdf>
12. Noody, A. Socio-Economic Segregation and Urban Form in Post-Socialist Budapest. Retrieved from <http://www.fulbright.hu/book4/anthonynoody.pdf>
13. Pichler-Milanović, N. (2005). Urban development in Central and Eastern Europe: from transition to »creative« competition? *Report on 41<sup>st</sup> ISoCaRP Congress, Bilbao*, 17-20 October, 2005. Retrieved from [http://www.isocarp.net/Data/case\\_studies/585.pdf](http://www.isocarp.net/Data/case_studies/585.pdf). Date of access: 23/10/2013.
14. Ruble, B. A. (1990). *Leningrad. Shaping a Soviet City*. Oxford.
15. Steinführer, A., Haase, A. (2007). Demographic Change as a Future Challenge for Cities in East Central Europe. *Geogr. Ann.*, 89 B (2): 183-195.
16. Sýkora, L., Bouzarovski, S., (2012). Multiple Transformations: Conceptualising the Post-communist Urban Transition. *Urban studies*. 49 (1), 43-60.
17. Tammaru, T., van Kempen, R., Gentile, M. (2012). Heteropolitization: Social and Spatial Change in Central and East European Cities. *Cities* 29 (5), 291 - 350.
18. Tosics, I. (2004). Determinants and Consequences of Spatial Restructuring in Post-Socialist Cities. *Conference: "Winds of Societal Change: Remaking Post-Communist Cities"*, University of Illinois, June 18-19, 2004. Retrieved from [http://qco-ra.web.elte.hu/1/!!!Orsi/Havanna\\_lak%20F3telep/restate/Tosics.pdf](http://qco-ra.web.elte.hu/1/!!!Orsi/Havanna_lak%20F3telep/restate/Tosics.pdf).
19. Turnock, D. (1990). City profile: Bucharest. *Cities*, 7 (2), 1990, 107-118.
20. Tsenkova, Sh. (2005). Post-socialist Cities in a Globalizing World. Retrieved from: [http://pro.union-habitat.org/structu/m-europe.nsf/62569fb-6fa5eb929c12566e20077b9ba/a886158cb75bffe1\\_c125727a00299068/\\$FILE/d%C3%A9veloppement%20urbain.pdf](http://pro.union-habitat.org/structu/m-europe.nsf/62569fb-6fa5eb929c12566e20077b9ba/a886158cb75bffe1_c125727a00299068/$FILE/d%C3%A9veloppement%20urbain.pdf)
21. Tsenkova, Sh. (2012). Planning Trajectories in Post-socialist Cities: Patterns of Divergence and Change. *CBEES' Working paper 1:2012*. Retrieved from: [http://webappl.web.sh.se/p3/ext/res.nsf/vRes/cbees\\_engelsk\\_wp\\_1\\_2012\\_pdf/\\$File/WP%201.%202012.pdf](http://webappl.web.sh.se/p3/ext/res.nsf/vRes/cbees_engelsk_wp_1_2012_pdf/$File/WP%201.%202012.pdf).

## **1.2. MODERN SPATIAL STRUCTURE OF POST-SOVIET CITIES**

---

## **1.2. СУЧАСНА ПРОСТОРОВА СТРУКТУРА ПОСТРАДЯНСЬКИХ МІСТ**

### **MAKSYMENKO Nadiya**

Doctor of Sciences (Geography), Full Professor, Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, maksymenko@karazin.ua  
orcid.org/0000-0002-7921-9990

### **KLIESHCH Anastasiia**

PhD (Geography), Associate professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, klieshch@karazin.ua  
orcid.org/0000-0003-1379-1043

### **CHERKASHYNA Nadiia**

senior lecturer of English, School of Foreign languages, Karazin Institute of Environmental Sciences, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, n.cherka@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-4066-2530

The establishment and analysis of the modern territorial structure of nature use in the city of Kharkiv was carried out. Visual decoding of satellite images, vectorization of raster images, analysis of topological correctness and cartometric calculation of areas were used. Based on the analysis of information from satellite images regarding the landscape cover of the city and the cartographic work "Territorial structure of nature use of the city of Kharkiv", a quantitative assessment of the differentiation of different types of nature use was made. She showed shown that the largest share is occupied by the residential type, represented by residential and public buildings - 39% of the city. The second type of nature use in Kharkiv is the protective and recreational type, which occupies 27% of the entire territory. Industrial type of nature management occupies 15% of the territory of the city of Kharkiv and is represented by industrial enterprises and mining quarries, which accounted for 98% and 2% respectively. The following territorial distribution is the agrarian type of nature use - 9% of the city's area. The largest share of agrarian type occupies the agricultural type of nature use - 67% of the total area of the type. All transport types of nature use together occupy 8% of the city, half of which are streets of local importance (51%). The main tendencies of spatial distribution of types of nature use are revealed, namely: industrial and residential types of nature management, form spatial "agglomerates", much of which tends to the neighborhood with the areas of aquatic nature use; Territories with an agrarian type of nature management are located on the city suburbs and represent "rudimentary" remnants of the "pre-urbanization" nature of nature use, the protective and recreational type has a unconnected territories and does not create the ecological environmental - stabilizing framework of the city. On the basis of the obtained data, the prospects and possibilities of using this approach to inventory cartographic works for the needs of landscape planning of territorial development of cities are presented.

**Keywords:** landscape planning, inventory, real use of land, type of land use, spatial differentiation, land use structure of the city

**МАКСИМЕНКО Надія Василівна** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, ННІ екології, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна, maksymenko@karazin.ua, orcid.org/0000-0002-7921-9990

**КЛЄЩ Анастасія Анатоліївна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, ННІ екології, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна, klieshch@karazin.ua, orcid.org/0000-0003-1379-1043

**ЧЕРКАШИНА Надія Іванівна** – старший викладач кафедри англійської мови, факультет іноземних мов, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна, n.cherka@gmail.com orcid.org/0000-0002-4066-2530

Проведено встановлення і аналіз сучасної територіальної структури природокористування міста Харків. Використано візуальне дешифрування супутникових знімків, векторизація растрових зображень, аналіз топологічної коректності та картометричний розрахунок площ. На основі проведеного аналізу інформації



спутникових знімків щодо ландшафтного покриття міста та картографічного твору «Територіальна структура природокористування міста Харків» зроблена кількісна оцінка диференціації різних типів природокористування. Вона показала, що найбільшу частку займає селітебний тип, представлений житловою та громадською забудовою – 39% території міста. Другим за поширенням типом природокористування в м. Харків є захисно-рекреаційний тип, що займає 27% від всієї території. Індустріальний тип займає 15% території міста Харків і представлений промисловими підприємствами та видобувними кар'єрами, відсоткові частки яких складають 98% та 2% відповідно. Аграрний тип природокористування – 9% площі міста, найбільшу частку якого займає сільськогосподарський вид природокористування – 67% від загальної площі типу. Транспортний тип природокористування займає 8% території міста, половину з якого складають вулиці місцевого значення (51%). Виявлені основні тенденції просторового розповсюдження типів природокористування дозволили окреслити перспективи та можливості використання даного підходу до укладання інвентаризаційних картографічних творів для потреб ландшафтного планування територіального розвитку міст.

**Ключові слова:** ландшафтне планування, інвентаризація, реальне використання земель, тип природокористування, просторова диференціація, структура природокористування.

---

Current state of territory planning in Ukraine is going through a transitional period of changes in methodological approaches, priorities and meaningful accents, caused by the need to align with European guidelines in the field of environmental protection and create a favorable living environment through the rational use of territories. The greening process of strategic documents concerning territorial development faces a number of difficulties partly due to the inherited methodology of the Soviet experience in the planning process, partly due to the lack of administrative mechanisms for their implementation [1].

The meaningful gaps and legal deficiencies of the national spatial planning system are felt actually in cities where the trend of subordinating the role of the nature protection approach to economic benefits and systematically ignoring the ecological priorities of sustainable nature management continues to this day [2]. The shortcomings of the traditional system of cities' territorial planning are best evidenced by the tasks called for in the Strategy of the State Environmental Policy of Ukraine for the period up to 2020. Namely, with regard to cities, the Strategy [3] requires the performance of a number of tasks, in particular:

- to reduce the negative impact of urbanization processes on the surrounding natural environment, to stop the destruction of the natural environment within cities, to increase the indicators of greening and areas of green spaces for public use, to reduce the level of atmospheric air pollution, water bodies, noise and electromagnetic pollution by 2020;

- to ensure full environmental protection requirements in the process of allocating land for industrial, construction, energy, transport and communication facilities and when solving issues regarding the acquisition (purchase), provision, change of land plots purpose;
- mandatory inclusion of environmental protection measures in the general development plans of large cities and their compliance with the requirements of the Aalborg Charter.

The need to solve the tasks of ensuring the sustainable development of cities in practice requires that municipal authorities, city planners, managers in the field of ecology use effective ecologically oriented planning practices in the management and organization of urban territories.

It is logical to assume that the source information for the assessment of the territorial structure of nature use in cities should be the relevant cartographic materials of the state bodies of territorial development planning, mandatory development of which is regulated by law. Such documents include data from the state land cadastre, general plans for the city development, and urban zoning schemes. However, none of the listed sources, despite significant methodological improvements in functional zoning of the territory, provides complete and relevant information as to present-day use of the city land.

Thus, cadastral data on the cities' territories, as far as it can be judged from the open access data of the nationwide electronic service of the State Land Cadastre Center and the State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre "Public cadastral map of Ukraine" [4], contains rather fragmentary information about boundaries, purpose and forms of ownership of land plots with a large number of "white spots" - territories for which there is no complex of cadastral information. Cartographic works of General City Plans and territorial zoning plans drawn up on their basis are documents of prospective development, i.e. they reflect not the present, but the future planned situation of land use within the city.

Thus, we can say that today there are no single, comprehensive cartographic resources to determine the modern structure of nature use of the cities' territories in Ukraine. Moreover, to analyze planning of the city territories, we need to study the real use of city territories.

As a model territory, we chose the territory of the city of Kharkiv within the modern administrative boundaries (as defined in 2012) with a total area of 350 km<sup>2</sup>.

Based on the analysis of satellite images of the study area, we propose to classify all existing types of nature use into 6 categories according to their main socio-economic function (settlement, transport, protection and recreation, industrial, agrarian types) and the nature of the land cover (aquatic type). The



authors have identified separate species (total of 32 species) with distinctive features of the territorial organization or those with specific purpose, which significantly affects their form of exploitation and functioning processes within the specified types of nature management.

The result of the GIS project implementation has become a series of cartographic models of the territorial structure of nature use in the territory of the city of Kharkiv (Fig. 1).

As you can see from the table, the total area of all types of nature use is 350.5 km<sup>2</sup>, which is 0.5 km<sup>2</sup> larger than the administrative area of the city of Kharkiv. Given the topological correctness of the cartographic model, on the basis of which the area was calculated, the error is probably methodological and relates to the accuracy of displaying the positions of geographic objects on satellite images. We believe that the specified error is acceptable, and the results of the area calculation are suitable for reflecting the nature of the territorial distribution of various types of nature use within the main types of nature use in the territory of Kharkiv.

The analysis of the area distribution of all types of nature use has showed that the largest share takes the residential type, represented by residential and public buildings - 39% of the city's territory. Half of the areas of residential nature use are occupied by capital low-rise and high-rise buildings, the share of all types of individual buildings is 49%, the rest - 1% - refers to built-up areas that are in a state of construction or destruction. The most common types of residential nature use are urban estates of individual construction and high-rise (5 floors or more) capital construction - 36% and 33%, respectively.

The second most widespread type of nature use in the city of Kharkiv is the protective and recreational type, which occupies 27% of the entire territory. Urban forests occupy the largest share within the type - 60%. The squares and parks of the city occupy half the area compared to the wastelands. Cemeteries, stationary recreation areas, areas of historical, cultural and environmental significance, and protective forest strips occupy 3%, 1%, 5%, and 2% of the territories of this type, respectively.

The industrial type of nature use occupies 15% of the territory of the city of Kharkiv and is represented by industrial enterprises and mining quarries, the percentage shares of which are 98% and 2%, respectively.

The next in terms of territorial distribution is the agrarian type of nature use - 9% of the city area. The agricultural type of nature use occupies the largest share of the agrarian type - 67% of the total area of the type. More than a quarter of this type of nature use is ordinary and swampy meadows. Next, in descending order of distribution, there are other areas of agricultural use defined within the city limits: forest nurseries, orchards and farms.

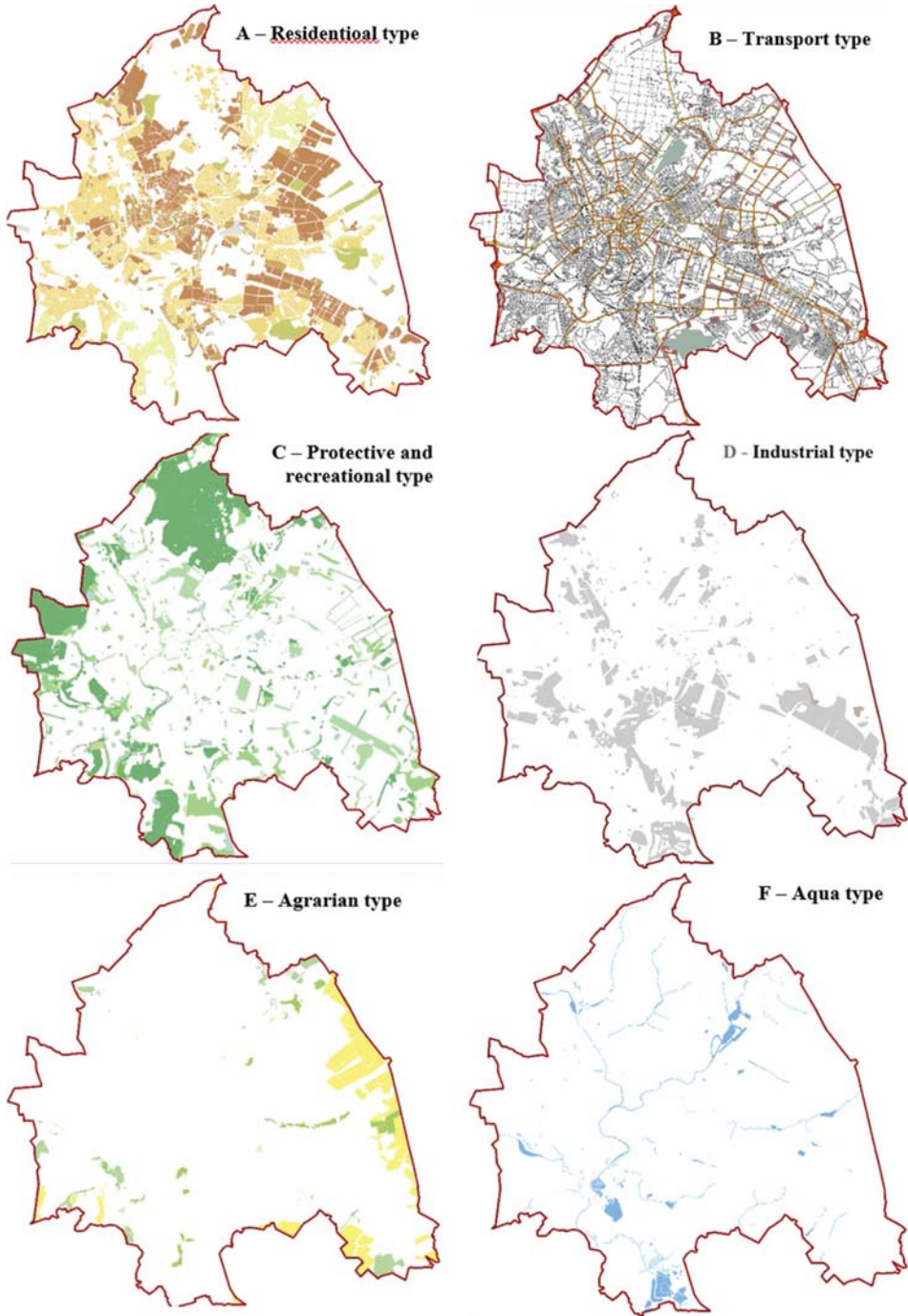


Fig. 1. Territorial distribution of different types of nature management within the city of Kharkiv

All territories of the transport type of nature use together occupy 8% of the city's territory, a little more than half of which is the streets of local importance (51%). The shares of the territories of other types of nature use caused by automobile transit (urban areas of expressways, highways of city-wide and regional significance, unpaved forest roads) are much smaller (0.13%, 1%, 4%, 8%, and 4%, respectively). 4% of all areas of transport nature use are located directly under the railway track (not including adjacent areas). Summer houses occupy 15% of transport-type areas, garage cooperatives and equipped parking spaces occupy 13%.

Table 1

Areas of plots of different types of nature use within the administrative boundaries of the city of Kharkiv

| №                         | Type of nature use                                     | Area km <sup>2</sup> | №                                       | Type of nature use  | Area, km <sup>2</sup> |
|---------------------------|--|----------------------|---|---|-----------------------|
| <b>Residential type</b>   |  |                      | <b>Protective and recreational type</b> |   |                       |
| <i>Capital subtype</i>    |  |                      | 16                                      | Urban forests   | 53,58                 |
| 1                         | Multi-storey building                                  | 45,32                | 17                                      | Squares and parks   | 9,49                  |
| 2                         | Low-rise building                                      | 19,19                | 18                                      | Wasteland   | 21,28                 |
| <i>Individual subtype</i> |  |                      | 19                                      | Cemeteries  | 2,57                  |
| 3                         | City estates   | 48,42                | 20                                      | Territories of stationary recreation                              | 1,06                  |
| 4                         | Homesteads on the outskirts of the city                | 13,20                | 21                                      | Historical and cultural territories of environmental significance | 4,90                  |
| 5                         | Garden and dacha associations                          | 8,21                 |   |   |                       |
| 6                         | Buildings at the stage of construction and destruction | 1,91                 | 22                                      | Forest strips   | 1,74                  |
| <b>Total</b>              |  | <b>136,26</b>        | <b>Total</b>                            |   | <b>94,63</b>          |
| <b>Transport type</b>     |  |                      | <b>Industrial type</b>                  |   |                       |
| <i>Mobile subtype</i>     |  |                      | 23                                      | Industrial enterprises  | 51,65                 |
| <i>Stationary subtype</i> |  |                      | 24                                      | Quarries  | 0,89                  |
| 7                         | City expressway  | 0,43                 | <b>Total</b>                            |   | <b>52,54</b>          |
| 8                         | Highways of city-wide importance                       | 1,00                 | <b>Agrarian type</b>                    |   |                       |
| 9                         | Highways of district importance                        | 2,09                 | 25                                      | Agricultural lands  | 19,69                 |
| 10                        | Streets of local importance                            | 14,51                | 26                                      | Meadows   | 5,49                  |
|                           |  |                      | 27                                      | Swampy meadows  | 2,94                  |
| 11                        | Dirt forest roads                                      | 1,04                 | 28                                      | Farms   | 0,05                  |
| 12                        | Squares  | 0,13                 | 29                                      | Orchards  | 0,53                  |
| 13                        | Railway tracks   | 1,13                 | 30                                      | Forest nurseries  | 1,37                  |
| <b>Total</b>              |  | <b>28,43</b>         | <b>Total</b>                            |   | <b>30,07</b>          |
| <b>Aqua type</b>          |  |                      | <b>Aqua type</b>                        |   |                       |
| 14                        | Airfields  | 4,35                 | 31                                      | Small rivers and streams  | 0,57                  |
| 15                        | Garage cooperatives and parking places                 | 3,75                 | 32                                      | Rivers with channels reservoirs and lakes                         | 7,99                  |
| <b>Total</b>              |  | <b>8,56</b>          | <b>Total</b>                            |   | <b>8,56</b>           |
| <b>Total</b>              |  | <b>350,5</b>         | <b>Total</b>                            |   | <b>350,5</b>          |

The smallest share within the city - only 2% - is occupied by areas of the aquatic type of nature use. The aquatic type of nature use consists of

two types of nature use - rivers with channel reservoirs and small rivers and watercourses - the percentage shares of which are 93% and 7%, respectively.

As a result of the cartometric calculation, the areas of each of the species and types of nature use identified in the territory of Kharkiv were calculated and presented in Table 1.

Analyzing each type of nature use distribution (Fig. 1), we can identify a number of certain features. Territories of residential and public buildings are grouped into “nuclei”, clearly differentiated by certain types of residential nature use; the transport network has an uneven spread. The spatial trend of increasing density of the street network is clearly observed in places with direct individual buildings neighborhood, while in areas with solid buildings, on the contrary, it decreases. Along with that, a typical example of a neighborhood is the preferential placement of garage cooperatives near the solid-type development.

– Despite the significant spread of territories of the recreational and protective type of nature use in the city of Kharkiv, their territorial component “brokenness”, fragmentation, does not make it possible to combine them into an ecological network. This, in turn, does not allow calling the totality of all territories of this type an ecological environment-stabilizing frame of the city. In addition, urban forests occupy inter-highway void wedges of urban development, stretched along transport highways where the process of residential development expansion is clearly seen.

– Industrial enterprises, as a rule, like territories of residential nature use, form spatial “agglomerates”, a large part of them gravitating to the neighborhood of territories of aquatic nature use;

Territories with an agrarian type of nature use are located either near or close to the city outskirts and represent “rudimentary” remnants of the “pre-urbanization” nature use, which by inertia retain their functions;

A characteristic feature of aquatic nature management within the city is the already mentioned neighborhood with industrial enterprises, as well as the drying up and taking the channels of small watercourses into underground collectors.

Thus, the conducted study of the modern use of urban territories made it possible to establish the territorial structure of nature use, numerically assess the ratio of areas occupied by different types of nature use, and to determine the characteristic features of territorial distribution for each of the types in the territory of the city of Kharkiv.

It should be noted that the classification of urban territories by types of nature use can be clarified and refined in view of the emerging needs for detailing the ecosystem services provided within one or another territory.



Such detailing, in our opinion, will help to avoid confusion of concepts regarding the landscape cover of the earth's surface and the type of natural use of the territory.

In general, the applied approaches to classification of nature use are flexible and can be used in the inventory of territories for other functional purposes.

In our opinion, it is promising to use the implementation results of this algorithm during landscape planning of cities while:

- studying territorial differentiation of types of nature use to assess the functional load on different types of genetic and morphological landscape complexes of the city territory;
- establishing and quantitatively assessing the land surface of the landscape cover within the territories of a certain type of nature use which vary significantly. For example, determining the ratios of built-up surfaces, paved to green areas and open soils, etc.

---

### Список використаних джерел до розділу

1. Клещ А. А., Максименко Н. В., Пономаренко П. Р. Територіальна структура природокористування м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, т. 27 № 1–2. Харків: ХНУ, 2017. с. 23–34. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9168>
2. Руденко Л. Зміни міського простору в Україні: Реферат. Київ, 2013. 155с.
3. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». (2017). *Офіційний портал Верховної Ради України*. Retrieved 26 June 2017, URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>
4. *Публічна кадастрова карта України*. (2017). Retrieved 26 June 2017, URL: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>

---

### References to the chapter

1. Klishch A.A., Maksymenko N. V., & Ponomarenko P.R. (2017). Territorial structure of the land use of Kharkiv city. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, 27(1-2), 23-34. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9168> [In Ukrainian].
2. Rudenko, L. (2013) Changes of urban space in Ukraine: Referat. Kyiv. 155 p. [In Ukrainian]
3. Law of Ukraine “On the main principles (strategy) of the national environmental policy of Ukraine for the period until the year 2020”. (2017). *Official web portal Verhovna Rada of Ukraine*. Retrieved 26 June 2017, from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> [In Ukrainian].
4. *Public Cadastre Map of Ukraine*. (2017). Retrieved 26 June 2017, from <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> [In Ukrainian].

**1.3. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ,  
ВИКЛИКИ ТА ЗАГРОЗИ  
ПОСТРАДЯНСЬКИХ МІСТ**

**1.3. MODERN PROBLEMS,  
CHALLENGES AND THREATS  
OF POST-SOVIET CITIES**

**1.3.1. PROBLEMS OF THE  
FUNCTIONING OF THE GREEN  
INFRASTRUCTURE  
OF MODERN CITIES  
(ON THE EXAMPLE OF THE CITY  
OF KHARKIV)**

---

**1.3.1. ПРОБЛЕМИ  
ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗЕЛЕНОЇ  
ІНФРАСТРУКТУРИ  
СУЧАСНИХ МІСТ  
(НА ПРИКЛАДІ М. ХАРКІВ)**

**KOCHANOV Eduard**

PhD (Military), Associate professor of the Department  
of Environmental Monitoring and Protected Areas,  
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine,  
<https://orcid.org/0000-0002-8443-4054>  
kochanov@karazin.ua

### **KOVAL Iryna**

Doctor of Sciences (Agriculture) Associate Professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>, [Koval\\_Iryna@ukr.net](mailto:Koval_Iryna@ukr.net)

### **BURCHENKO Svitlana**

PhD student, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-5366-5397> [s.burchenko@karazin.ua](mailto:s.burchenko@karazin.ua)

### **HRECHKO Alina**

PhD student, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-9987-2586>, [a.a.hrechko@karazin.ua](mailto:a.a.hrechko@karazin.ua)

### **UTKINA Kateryna**

PhD, Assoc Prof, Assoc Prof on Department of Ecological Safety and Environmental Education Karazin Institute of Environmental Sciences V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-0632-1273, [k.utkina@karazin.ua](mailto:k.utkina@karazin.ua)

The level of urbanization in modern cities is growing at a rapid rate. The existing legal regulation of the functional of green infrastructure does not have mandatory requirements for developers, land users and balance holders regarding the use of green infrastructure objects (for example, the use of green roofs) and the development of a comprehensive plan for the city's green infrastructure. On the example of the city of Kharkiv, is given a retrospective review of the problem of reducing green infrastructure areas. Their main reasons are: reconstruction of green areas for general use, which is carried out using "gray" solutions; construction of residential and commercial buildings; expansion of roadways and parking spaces; recreation. The influence of recreation on the example of green infrastructure objects of Kharkiv city, determined through the indicator of recreational load. Using the example of the forest stands of the Forest Park, it was determined that the recreational impact on the forests of the Forest Park leads to a significant change in the structure of the second tree layer of these stands, which leads to a decrease in their biological sustainability. Separately, for illustrate the impact of recreation on green spaces, was made an assessment of carbon deposition and oxygen production by oak plantations in the green zone of the city under recreational load conditions. Was determined the amount of carbon and oxygen production by oak plantations under the influence of different levels of recreational load in the green zone of Kharkiv. It was established that there is a decrease in the mass of assimilated CO<sub>2</sub> per year, depending on the stage of tree stand digression. Thus, an increase in the recreational load leads to the fact that damaged stands lose their main ecological functions: they reduce the production of oxygen and the deposition of carbon in the atmosphere. Thus, the most damaged tree stand of the fifth stage of digression produces 47% less CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub>. These

problems significantly hinder the development of existing recreational zones in the city of Kharkiv, therefore the most promising type of recreation development in the city is the creation of new recreational areas.

**Key words:** green infrastructure, greening, urbanization, recreational load of carbon deposition, oxygen production, recreational digression.

**КОЧАНОВ Едуард Олексійович** – кандидат військових наук, доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0002-8443-4054>, [kochanov@karazin.ua](mailto:kochanov@karazin.ua)

**КОВАЛЬ Ірина Михайлівна** – доктор сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи ННІ екології, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0001-6328-1418> [Koval\\_Iryna@ukr.net](mailto:Koval_Iryna@ukr.net)

**БУРЧЕНКО Світлана Володимирівна** – аспірант, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0001-5366-5397>, [s.burchenko@karazin.ua](mailto:s.burchenko@karazin.ua)

**ГРЕЧКО Аліна Андріївна** – аспірант, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна, <https://orcid.org/0000-0001-9987-2586>, [a.a.hrechko@karazin.ua](mailto:a.a.hrechko@karazin.ua)

**УТКІНА Катерина Богданівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти ННІ екології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-0632-1273> [k.utkina@karazin.ua](mailto:k.utkina@karazin.ua)

Зростання рівня урбанізації у сучасних містах здійснюється швидкими темпами. Наявне законодавче регулювання функціонування зеленої інфраструктури не має обов'язкових вимог до забудовників, землекористувачів та балансоутримувачів щодо використання об'єктів зеленої інфраструктури (наприклад, використання зелених дахів) та щодо розробки комплексного плану зеленої інфраструктури міста. На прикладі міста Харкова надано ретроспективний огляд проблеми зменшення територій зеленої інфраструктури. Їх основними причинами є: реконструкція озелених територій загального використання, яка проводиться з використанням «сірих» рішень; забудова житлового та комерційного фонду; розширення автотранспортних шляхів та місць паркування; рекреація. Вплив рекреації на прикладі об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків визначено через показник рекреаційного навантаження. На прикладі деревостанів Лісопарку визначено, що рекреаційний вплив на діброви Лісопарку призводить до суттєвої зміни структури другого деревного ярусу цих насаджень, що призводить до зниження їх біологічної стійкості. Окремо для ілюстрації впливу рекреації на зелені насадження зроблена оцінка депонування вуглецю та продукування кисню дубовими насадженнями зеленої зони міста в умовах рекреаційного навантаження. Визначено кількість продукування вуглецю та кисню дубовими насадженнями під впливом різного ступеня рекреаційного навантаження в зеленій зоні м. Харкова. Встановлено, що відбувається зменшення маси асимільованого CO<sub>2</sub> за рік в залежності від стадії дигресії деревостану. Таким чином, збільшення рекреаційного навантаження



призводить до того, що пошкоджені деревостани втрачають основні екологічні функції: ними зменшується продукування кисню та депонування вуглецю в атмосферу. Так, найбільш пошкоджений деревостан п'ятої стадії дигресії на 47 % менше продукує CO<sub>2</sub> та O<sub>2</sub>. Дані проблеми значно перешкоджають розвитку існуючих рекреаційних зон міста Харкова, тому найбільш перспективним видом розвитку рекреації у місті є створення нових рекреаційних територій.

**Ключові слова:** зелена інфраструктура, озеленення, урбанізація, рекреаційне навантаження, депонування вуглецю, продукування кисню, рекреаційна дигресія.

---

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, за умови, що якість екосистем підтримується на високому рівні. Більш того зелена інфраструктура має на меті ведення сталого та ресурсозберігаючого використання життєвого простору, його розвитку в обмеженому географічному просторі у послідовному, розумному та інтегрованому вигляді [1-5].

Основним законодавчим документом в Україні щодо визначення кількості зелених насаджень у місті є Інструкція з інвентаризації зелених насаджень [6]. Вона являє 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.

Значними недоліками цього документа 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.

Основним документом щодо зонування міських територій та озеленення є ДБН.Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова території». 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 інфра-

структури. Благоустрій території міста визначається у ДБН Б 2.2-5:2011 «Планування і забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій», Законі України «Про благоустрій населених пунктів» та правилах, встановлених міським управлінням, наприклад, «Правила благоустрою території міста Харкова».

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

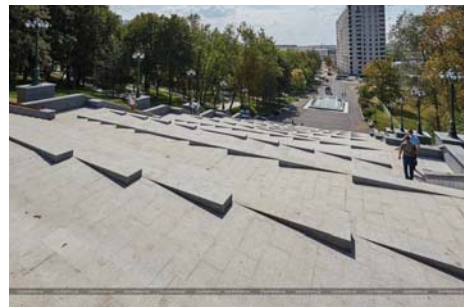
Розробка проєкту зеленої інфраструктури міста визначається алгоритмом наступних дій:

1. Визначення мети: визначення основних екологічних, соціальних та економічних проблем, які планується вирішити за допомогою проєкту зеленої інфраструктури.

2. Збір та аналіз первинної інформації: кількість та особливості зелених зон міста, характеристика водних об'єктів, ландшафтів, об'єктів ПЗФ, картографічне забезпечення.



а)



б)



Рис. 1. Фонтан Каскад у Саду ім. Т. Шевченка та майдан Свободи  
а) у 2014 році, б) у 2021 році

Fig.1. Cascade Fountain in T.G.Shevchenko Park and on the Svobody Square  
a) in 2014, b) in 2021



Рис. 2. Знищення зелених насаджень в Індустріальному районі м. Харків через житлову забудову

Fig. 2. Destruction of green areas in Industrialniy district, Kharkiv due to enlargement of residential area

3. Зонування території міста та зокрема зелених насаджень. Визначення існуючих та перспективних до включення об'єктів ЗІ.

4. Проведення експериментальних досліджень впливу об'єктів ЗІ на природні комплекси, якість життєвого простору, здоров'я населення, енергозбереження тощо.

5. Розробка комплексного проєкту.

Наразі у місті активно відбувається реконструкція парків та скверів міста (рис. 1). Так, впродовж 2010–2021 років реконструювали більше десятка парків і скверів. Зміну кількості зелених зон як спеціального (транспортних комунікацій, санітарно-захисних зон тощо), так і загального користування (сквери, площі тощо) можна умовно ідентифікувати за ретроспективним аналізом. Так, можна простежити зменшення кількості зелених насаджень внаслідок реконструкції фонтану Каскад, що розташовано у Саду ім. Т. Шевченка, та після реконструкції скверу на майдані Свободи.

Забудова є другою причиною зменшення озелених територій міста. Так, велика зелена зона в Індустріальному районі міста, яка у свій час захищала місцеве населення від викидів забруднюючих речовин, шуму промислової зони та проспекту Героїв Харкова. Основним ядром був парк Маяковського, який створено у 30-ті роки минулого сторіччя. У 60-ті роки там було встановлено атракціони. На початку 2000-х ро-



а)



б)

Рис. 3. Універмаг Харків у 1980-ті роки (а) і у 2020-ті (б)

Fig. 3. Kharkiv Department Store in 1980s (a) and 2020s (b)

ків 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 [7]. Проте велику зелену зону впродовж часу забудовували, наразі залишилась лише центральна частина парку (рис. 2). У 2021 році анонсували реконструкцію тієї невеликої частини парку, яка залишилась [8].

Окрім житлової забудови є тенденція до зменшення зелених зон естетичного призначення (клумби, газони тощо) за рахунок розбудови місць паркування. Це спостерігається як поруч з адміністративними будівлями, так і перед торговельними центрами, лікарнями тощо (рис. 3).

Також за рахунок зелених насаджень відбувається розширення автомобільних доріг (рис. 4).

Сучасна людина не може відмовитись від спілкування з природою, але відбуватися воно повинно так, щоб природні об'єкти зберігалися



Рис. 4. Проспект Гагаріна у 1970-ті (а) і у 2020-ті (б)

Fig. 4. Gagarin Prospect in 1970s (a) and 2020s (b)



у максимально цілісному стані і могли бути використаними прийдешніми поколіннями. Ці підходи лежать в основі стратегії сталого розвитку.

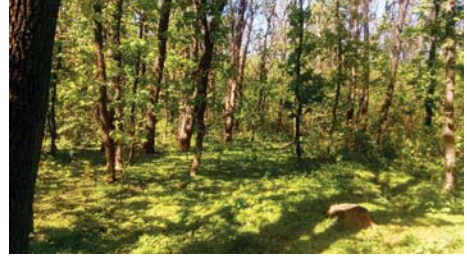
Тому наступним чинником, що негативно впливає на зелену інфраструктуру міста, є рекреація. Для її оцінки використовують поняття «рекреаційне навантаження» як ступінь безпосереднього впливу відпочиваючих на природні компоненти, що виражається у кількості людей або людино-днів на одиницю площі за певний проміжок часу [9]. Для регулювання рекреаційних навантажень вираховують рекреаційну ємкість певної ділянки, скажімо, лісової. Рекреаційна ємкість – це загальне рекреаційне навантаження на всю ділянку, яке може привести до певної стадії дигресії [9]. Саме такі розрахунки дозволяють ефективно використовувати ті чи інші фітоценози з рекреаційною метою, не призводячи до їх деградації.

Деградація насаджень зеленої зони Харкова під впливом рекреаційних навантажень та інших антропогенних факторів проявляється в зниженні їх основних таксаційних показників, значному погіршенні їх санітарного стану. Все це призводить до зниження запасу деревостану (об'єму стовбурних гілок і коріння) на одиницю площі. Результати досліджень, проведених спільно з вченими УкрНДІЛГа, показали, що диференціація більшості таксаційних показників, обумовлених дією цілого комплексу антропогенних і екологічних факторів, важко ідентифікується зі стадіями рекреаційної дигресії. Це суттєво обмежує можливість їх використання як індикаторів ступеня рекреаційної деградації дубових насаджень.

Польовий експеримент проведено на території Лісопарку (рис. 5), де на тестових ділянках відбирались зразки дерев, визначалась стадія рекреаційної дигресії.

При проведенні дослідження впливу рекреаційного навантаження на дубові деревостани Лісопарку зафіксовані зміни їх породного складу, а саме – все більше відхилення від складу, притаманного дубнякам свіжої ясеневоліпової діброви. Так, вже на III стадії рекреаційної дигресії повністю випадає зі складу ясен звичайний, поверхнева коренева система якого визначає досить невелику його толерантність до ущільнення та ксерофітизації ґрунту, які посилюються по мірі збільшення рекреаційного навантаження. Санітарний стан окремих, менш толерантних деревних порід (липа серцелиста та, особливо, ясен звичайний) погіршується. В подальшому відбувається їх повна заміна на більш толерантні види (клен гостролистий, клен польовий) і панування останніх до певної межі деградації насаджень (IV-V стадії). Внесок у формування породного складу досліджених насаджень таких деревних порід, як в'яз гладкий і груша лісова, досить незначний. Тому, хоча ці породи і зустрічалися лише в насадженнях I-III стадій рекреаційної дигресії, довести обумовленість їх відсутності в насадженнях IV-V стадій дигресії саме рекреаційним впливом не можна.

## I стадія



## II стадія



## III стадія



## IV стадія



## V стадія



Рис. 5. Ділянки Харківського Лісопарку з різними стадіями рекреаційної дигресії

Fig. 5. Areas within Kharkiv Forest park with various stages of recreational digression



Проведені нами дослідження показали, що рекреаційний вплив на діброви Лісопарку призводить до суттєвої зміни структури другого деревного ярусу цих насаджень. Так, із посиленням рекреаційного навантаження значно зменшуються по стадіях дигресії насаджень густота дерев другого ярусу. В цілому, другій деревний ярус повноцінно сформований лише на I стадії рекреаційної дигресії досліджених дібров. Вже в насадженнях II стадії деградації другий ярус дуже зріджений із тенденцією до мозаїчного розташування дерев. На III і, особливо, на IV стадіях другий ярус виділений нами умовно, оскільки таксаційні характеристики цієї частини насадження вже не відповідають необхідним умовам [9] для виділення окремого ярусу. До того ж, розташування дерев тут набуває мозаїчного характеру із формуванням окремих біогруп. У досліджених дубових насадженнях V стадії рекреаційної дигресії навіть будь-які залишки другого ярусу відсутні.

Таким чином, у кінцевому результаті відбувається спрощення структури деревостану – створюються одноярусні, чисті дубняки (IV та, особливо, V стадії рекреаційної дигресії), які за біологічною стійкістю значно уступають змішаним.

Окремим видом впливу рекреації на зелену інфраструктуру є зниження депонування вуглецю. Для лісових насаджень Харкова зроблена оцінка депонування вуглецю та продукування кисню дубовими насадженнями зеленої зони міста в умовах рекреаційного навантаження [10]. Встановлено, що пошкоджені деревостани втрачають основні екологічні функції: ними зменшується продукування кисню та депонування вуглецю в атмосферу.

Було досліджено кількість продукування вуглецю та кисню дубовими насадженнями під впливом різного ступеня рекреаційного навантаження в зеленій зоні м. Харкова. Встановлено, що відбувається зменшення маси асимільованого CO<sub>2</sub> за рік в залежності від стадії дигресії деревостану (від 6,0 т/га на контролі до 3,2 на пробній площі п'ятої стадії дигресії) та продукування маси O<sub>2</sub> (від 4,6 до 2,4 т/га) [14].

На пробній площі другої стадії дигресії менші величини запасу деревини, а також середні діаметри та висоти дерев, ніж на пробній площі II-III стадії дигресії у зв'язку з різницею у віці: перше насадження молодше. В результаті пробна площа другої стадії характеризується також меншим рівнем депонування CO<sub>2</sub> та O<sub>2</sub>: відповідно 4,5 та 3,4 т/га [10].

Втрати в депонуванні CO<sub>2</sub> та O<sub>2</sub> для найбільш пошкодженого деревостану п'ятої стадії дигресії в порівнянні з контролем складає 2,8 та 2,4 т/га, тобто ця різниця складає 47,2 % [10].

Таким чином, збільшення рекреаційного навантаження в деревостанах призводить до зниження депонування вуглецю та продукування маси кисню. Так, найбільш пошкоджений деревостан п'ятої стадії дигресії на 47% менше продукує CO<sub>2</sub> та O<sub>2</sub>.

Проте варто зазначити, що сучасні тенденції концепції зеленої інфраструктури у Харкові також використовуються. Зокрема сюди можна віднести використання зелених дахів, зелених парковок, зелених стін (рис. 6). Відсутні практики використання дощових садів, спеціально створених ділянок різнотрав'я, озеленених зупинок громадського транспорту тощо.

Ця група об'єктів зеленої інфраструктури має певні переваги: забезпечуючи екологічні та естетичні функції, вони не потребують відведення великих територій та не потребують вагомого догляду.

Проблема екологічного, санітарного та зовнішнього стану парків міста Харків залишається актуальною. Це незважаючи на те, що вже значні площі рекреаційних зон приведені у належний стан. Такі парки як Юність, Молодіжний, імені Маяковського та інші потребують



Рис. 6. Зелений дах підземного паркінгу, зелена парковка, зелена стіна

Fig. 6. Green roof of the underground parking area, green parking area, green wall



реконструкції, оскільки вони втратили свою привабливість і не повною мірою виконують покладені на них функції. Останнім часом у Харкові використовується система матеріальної підтримки організацій, що створюють нові та модернізують існуючі елементи рекреаційної інфраструктури, але ще охоплена далеко не вся територія міста.

Для того, щоб покращити стан рекреаційних зон міста, необхідно: провести реконструкцію існуючих рекреаційних зон (санітарна рубка, збільшення площі зелених насаджень тощо), проводити інтенсивний агротехнічний догляд рекреаційних зон, провести освоєння мало функціональних територій та створити на цих територіях нові рекреаційні зони, зробити рекреаційні зони привабливими для відпочинку не лише мешканців району, а і усього міста.

Під час проведення дослідження були виявлені наступні проблеми щодо екологічного стану рекреаційних зон:

1) постійне зростання за останні десятиріччя кількості та інтенсивності легкового та вантажного автотранспорту на міській території провокує пригнічення розвитку і росту рослин;

2) вплив великих промислових підприємств, що знаходяться поблизу рекреаційних зон;

3) захоплення рекреаційних територій у зв'язку з непередбаченою господарською діяльністю людей на різних рівнях;

4) зменшення естетичної привабливості зелених зон у зв'язку із забрудненням побутовими та будівельними відходами.

Причинами цих екологічних проблем є:

1) нищення майна парків та порушення відпочиваючими правил поведінки у зелених зонах у зв'язку із низькою культурою поведінки деяких мешканців;

2) території рекреаційних зон використовуються для паркування автотранспорту, несанкціонованих проїздів по території, що негативно впливає на стан рослин і до появи ґрунтових доріг;

3) мала кількість інформації щодо ролі зелених насаджень у місті призводить до низького рівня екосвідомості мешканців міста, що породжує небережливе ставлення до зелених насаджень;

4) недостатнє фінансування парків призводить до низького рівня догляду за територією парків;

5) відсутність належного контролю у парках призводить до нищення майна та порушення відвідувачами правил поведження у них.

Дані проблеми значно перешкоджають розвитку існуючих рекреаційних зон району, тому найбільш перспективним видом розвитку рекреації у місті є створення нових рекреаційних територій. Оскільки існуючі зони використовуються головним чином для короткочасного відпочинку громадян, пропонується створити парки культури і відпочинку або спортивні парки, кожен з яких може приймати значний відсоток населення району.

---

### Список використаних джерел до розділу

1. Benedict M. A., McMahon E.T. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities Illustrated Edition. Washington: Island Press, 2006. 320 p.
2. Benedict M. A., McMahon E. T. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series: Washington, 2001. 36 p.
3. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 16-25.
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.
5. 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.
6. Про затвердження Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України : Наказ Держ. ком. буд-ва, архітектури та житл. політики України від 24.12.2001 р. № 226 : станом на 17 черв. 2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02#Text> (дата звернення: 29.08.2022).
7. Войницький А. У Харкові буде створено КП «Парк культури та відпочинку імені Маяковського». *Status Quo*: веб-сайт. URL: [https://www.sq.com.ua/rus/news/vlast/12.01.2011/v\\_harkove\\_budet\\_sozdan\\_park\\_kultury\\_i\\_otdyha\\_im\\_v\\_mayakovskogo](https://www.sq.com.ua/rus/news/vlast/12.01.2011/v_harkove_budet_sozdan_park_kultury_i_otdyha_im_v_mayakovskogo) (дата звернення: 29.08.2022).
8. Парк Маяковського в районі ХТЗ буде реконструйовано. *Офіційний сайт Харківської міської ради*: веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkov.ua/ru/news/-46655.html> (дата звернення: 29.08.2022).
9. Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів. Рекомендації щодо комплексної оцінки стійкості рекреаційно-оздоровчих лісів, організації їх моніторингу та оптимізації рекреаційного лісокористування в них / В. П. Ворон та ін. Харків : Нове слово, 2011. С. 10–112.
10. Фондові матеріали Укр НДЛІГА ім. Г.М. Висоцького, 2016.



---

## References to the chapter

1. Benedict, M. (2006). Green infrastructure: Linking landscapes and communities. Island Press.
2. Benedict, M. A., McMahon E. T. (2001). Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. *Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series*.
3. Maksymenko, N. V., Burchenko, S. V. (2019). Theoretical Basis of the Green Infrastructure Strategy: International Experience. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 31, 16-25. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-14>
4. Maksymenko, N., Shpakivska, I., Burchenko, S., Utkina, K. (2022). Green infrastructure in Lviv – example of park zones. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. 2022. 25, 1, 37-43.
5. Maksymenko, N., Burchenko, S., Utkina, K., Buhakova, M. (2021). Influence of green infrastructure objects for quality of surface runoff (on the example of green roofs in Kharkiv). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*. 55, 274-284.
6. On the approval of the Instructions on the inventory of green spaces in populated areas of Ukraine, Order of the State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine № 226 (2014) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02#Text>
7. Voynytskyi, A. (2011, January 12). "KP Mayakovskoho Park of Culture and Recreation" will be established in Kharkiv. Status Quo. [https://www.sq.com.ua/rus/news/vlast/12.01.2011/v\\_harkove\\_budet\\_sozdan\\_park\\_kultury\\_i\\_otdyha\\_im\\_v\\_mayakovskogo](https://www.sq.com.ua/rus/news/vlast/12.01.2011/v_harkove_budet_sozdan_park_kultury_i_otdyha_im_v_mayakovskogo)
8. Mayakovskoho Park in the KhTZ district will be reconstructed. <https://www.city.kharkov.ua/ru/news/-46655.html>
9. Voron, V. P., Bondaruk, M. A., Koval, I. M., & Tselishchev, O. G. (2011). Monitoring and increasing the resilience of anthropogenically disturbed forests. *Recommendations for comprehensive assessment of the sustainability of recreational and recreational forests, organization of their monitoring and optimization of recreational forest use in them. A new word*.
10. Foundation materials of the Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry named after H. Vysotsky. (2016).

### **1.3.2. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE FLORA OF THE CITY OF KHARKIV**

---

### **1.3.2. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ФЛОРИ МІСТА ХАРКОВА**

**ZVIAHINTSEVA Karina**

PhD, Assistant Professor, Department of Botany and Plant Ecology V.N. Karazin Kharkiv National University,  
karina.zvyagintseva@karazin.ua,  
orcid.org/0000-0001-8940-4383

**Abstract.** This section presents the results of the study of anthropogenic influence on the flora of the city of Kharkiv. Zoning of the flora of the city revealed: nature-floristics complexes natural and semi-natural slightly disturbed ecotopes and anthropogenic transformed ecotopes. Zones of natural vegetation, semi-natural anthropogenic transformed vegetation, aquatic and coastal vegetation within natural and semi-natural slightly disturbed vegetation complex have been revealed. Within anthropogenic transformed vegetation complex green zones of recreation, horticulture lots, courtyards, dwelling zones of high-rise buildings, highway and railway zones, wastes, building areas, softscape places, botanic gardens, arboretums, cemeteries were revealed.

**Key words:** antropogenic factor, flora of the city, ecological structure, ecotops.

**ЗВЯГІНЦЕВА Карина Олександрівна** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки та екології рослин біологічного факультету, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна, 61022,  
orcid.org/0000-0001-8940-4383, karina.zvyagintseva@karazin.ua



Анотація. У даному розділі представлено результати вивчення антропогенного впливу на флору міста Харків. У ході зонування флори міста виявлено: природно-флористичні комплекси природних і напівприродних слаботрансформованих екотопів і антропогенно трансформованих екотопів. З'ясовано, що у межах комплексу природних і напівприродних слаботрансформованих екотопів виділено екотопи природної рослинності, напівприродної порушеної рослинності, вищої водної та прибережно-водної рослинності. У межах комплексу антропогенно трансформованих екотопів виділено: зелені екотопи рекреаційного використання, екотопи культурно-декоративного садівництва на ділянках з малоповерховою забудовою, прибудинкові території 5-поверхової забудови, житлові райони 9-12 поверхової забудови, автотранспортні і залізничні шляхи, пустирі і будівельні майданчики, екотопи ландшафтного озеленення, ботанічні сади, дендрарії, кладовища.

**Ключові слова:** антропогенний фактор, флора міста, екологічна структура, екотоп.

---

Комплекси видів, що сформовані під впливом антропогенних факторів і відображають ступінь трансформації зональної флори на території міста, відносяться до типів трансформованих флор [1]. У цьому розділі представлено результати дослідження антропогенної трансформації урбанofлори Харкова: зонування флори міста та її екотопологічну приуроченість, стійкість до урбанізації.

### ***Зонування міста Харкова та його екотопологічна структура***

Формування флори будь-якої території, як правило, зумовлено кількома причинами: зональним розташуванням, історією формування, характером флори прилеглих територій [1]. Великі міста поглинають усе більші території (як природні, так і антропогенні), завдяки чому утворюються складні комплекси з чергуванням фрагментів рослинного покриву природних та антропогенно трансформованих місцезростань. За рахунок збільшення території, особливостей її використання та рекреаційного навантаження (поява нових районів і житлових масивів, створення парків і скверів тощо) відбувається постійний перерозподіл напівприродних і трансформованих ділянок міста.

Зонування міста відбувається за територіальним принципом. Так, територіальний розвиток Харкова сплановано у північно-західному і північно-східному напрямках. Міські райони сформовані в семи радіальних напрямках вздовж основних транспортних магістралей [2]:

- західний – уздовж вул. Полтавський Шлях з районами приватної (Холодна Гора, Залютіно, Новоселівка) та історичної забудови центральної частини міста із Залютіно–Баварським промисловим районом;

- північно-західний – уздовж вул. Клочківська, пр. Науки, житлові райони багатоповерхової забудови Олексіївка, Павлово Поле, приватна забудова району Іванівка та Павлівка (сюди ж відноситься Іванівський промисловий район);
- північний – вул. Сумська та історична забудова в основному багато-квартирними будинками;
- північно-східний – вул. Академіка Павлова, забудована переважно багатоповерховими будинками і приватним сектором районів Журавлівка, Тюрінка, Велика Данилівка (сюди ж відносяться Салтівський і Північно-Салтівський промислові вузли);
- південно-східний – пр. Московський, житлові райони багато-поверхової (Селекційний, Нові Будинки, район ХТЗ, Рогань) і приватної (селища Східний, Новозахідний, Фрунзе та П'ятихатки) забудови із основними промисловими зонами міста – Балашовський та Індустріальний;
- південний – пр. Гагаріна, район багатоповерхової забудови на місці реконструкції приватного сектора, а також селище Основа (знаходиться між Диканівською та Балашовською промисловими зонами);
- південно-західний – вул. Москалівська з районами приватної забудови Левада, Москалівка, Новожаново і Диканівська промислова зона.

До зонування території великих міст може бути застосовано кілька підходів, що не суперечать один одному. В основі кожного з них – певні критерії, вибрані для класифікації територій, та особливості населеного пункту, для якого була запропонована схема. Більшість відомих класифікацій базуються на аналізі наступних провідних факторів: розподілу рослинності по міській території; віку, особливостей і щільності забудови; інтенсивності антропогенних впливів тощо [3-5]. Так, О. О. Кагало зі співавторами [6], відповідно до ступеня трансформації території міста, виділяє 4 групи: типово міські, міські з елементами природних, природні з включенням штучних елементів, природні. Іншими дослідниками [7] використовується критерій еколого-функціональних особливостей території. У цьому випадку виділяють 8 типів ландшафтів: 1) селитебні, 2) індустріальні, 3) комунікаційно-стрічкові, 4) девастовані, 5) агрокультурні, 6) лісо-господарські, 7) гідроморфні, 8) рекреаційні. Характеризуючи



урбаносистему Познані В. Jackowiak (1993) виділив наступні комплекси: лісо-лучний, сільськогосподарський, приватний садово-котеджний, блокової забудови, кам'яної забудови, промислово-транспортний, перехідний. При вивченні урбанofлор південного сходу України Р. І. Бурда [8] розрізняє чотири зони в архітектурно-просторовій структурі міст: техногенні екотопи, житлові забудови, штучні фітоценози та фітоценози природної рослинності. Ю. А. Злобіним [7] запропоновано 8 зон: 1) техногенні території в зонах розміщення промислових підприємств; 2) селитебні території, зайняті переважно багатоповерховими житловими будинками; 3) комунікаційні системи (вулиці, дороги, проїзди, стежки та ін.); 4) газони і клумби; 5) парки, лісові зони, луки рекреаційного використання; 6) райони приватної забудови; 7) кладовища і пустирі; 8) зелені захисні зони. Найбільш детальна класифікація була представлена М. Г. Ільмінських, який виділив два класи екотопів: 1) оброблювані й 2) рудеральні. Перший клас включає декоративні (парки, сквери, бульвари, газони), присадибні (сади, городи, палісадники), сільськогосподарські (посіви, засіяні луки, посадки) екотопи. Другий складають: ерозійна група (насипи, пустирі), придорожня група (лінійні типи екотопів вздовж автострад і ін.), група щілинна (щілини в асфальті, бетоні, пристінні щілини), група звалищ; кладовища; група пристінна (стіни, дахи будинків), група переущільнена (двори, стадіони, спортивні майданчики тощо).

Інший підхід до зонування спирається на фітоценотичні особливості території. У його основу покладено вивчення характерних ознак синантропних рослинних угруповань, що мають специфічний характер і відображають різноманітність розподілу синтаксонів по зонах міста [9]. Застосування такого методу зонування використовується для вивчення інвазії видів адвентивних рослин з метою виявлення зон їх первинного проникнення, закріплення (буферні зони), розселення (міграційні коридори), натуралізації (проникнення в природні або напівприродні ценози).

Як правило, означені підходи до зонування міст враховують конкретні особливості досліджуваної території, її історичний розвиток, поставлені дослідниками завдання.

Для території Харкова проведено зонування міста, в основу якого покладено концепцію R. Wittig [10, 11], з подальшою екотопічною диференціацією флори міста. В адміністративних межах міста ми виділяємо урбанозону і субурбанозону, в основу яких покладено щільність та розрідженість забудови, ступінь дії антропогенного чинника.

У субурбанзоні Харкова ми виокремлюємо флористичний комплекс природних та напівприродних, незначною мірою трансформованих, екотопів із залишками нагірних дібров, борів, лук, степових схилів, водно-болотних угідь. Саме в даній зоні розміщені об'єкти природно-заповідного фонду міста, що представлені водно-болотними угіддями, залишками корінних нагірних дібров, заплавленими луками. Ця зона зосереджена в основному по околицях міста і займає третину усієї площі Харкова. У межах цієї зони зафіксовано 513 видів рослин, з яких 380 видів природної фракції флори, 133 – синантропної, у т. ч. 92 апофіти, 41 вид адвентивних рослин, що загалом вказує на низький рівень антропогенної трансформації флори міста.

Урбанзона зосереджена у центрі міста і простягається до межі субурбанзони, але на відміну від останньої включає комплекс антропогенно трансформованих екотопів – зелені зони рекреаційного використання, зону культурно-декоративного садівництва на ділянках з малоповерховою забудовою, житлові райони 5-поверхової забудови, житлові райони багатоповерхової забудови, автотранспортні шляхи, залізничні шляхи, пустирі і будівельні майданчики, ботанічний сад, дендрарії, кладовища. Усього в урбанзоні зафіксовано 580 (53,1 %) видів судинних рослин, що більше за такий показник урбанзони Чернівців (544), але менше ніж, в агломерації Донецьк–Макіївка (601), що пов'язано з розміром площі урбанзони досліджених урбанофлор та щільністю її забудови. Слід відзначити, що 125 видів зустрічаються тільки в цій зоні, а решта (455) – по всій території міста. Проведений фракційний аналіз видового складу урбанзони виявив, що 496 видів є синантропними, з них 304 – адвентивні та 192 – апофіти (на природні види рослин припадає лише 13,6 %). Такий розподіл вказує на значний антропогенний вплив на досліджувану урбанофлору, а також на наявність великої кількості трансформованих екотопів на території міста.

Таким чином, порівняльний спектр видового складу зон міста (рис. 1) відображає розподіл антропогенно трансформованих екотопів на досліджуваній території та вказує на поширення антропофільного елемента урбанофлори Харкова.

На підставі проведеного зонування досліджуваної території ми запропонували таку екотопологічну структуру урбанофлори Харкова (рис. 1). Територія міста знаходиться під впливом двох природно-флористичних комплексів (рис. 2): природних і напівприродних, незначною мірою трансформованих, екотопів; антропогенно трансформованих екотопів.

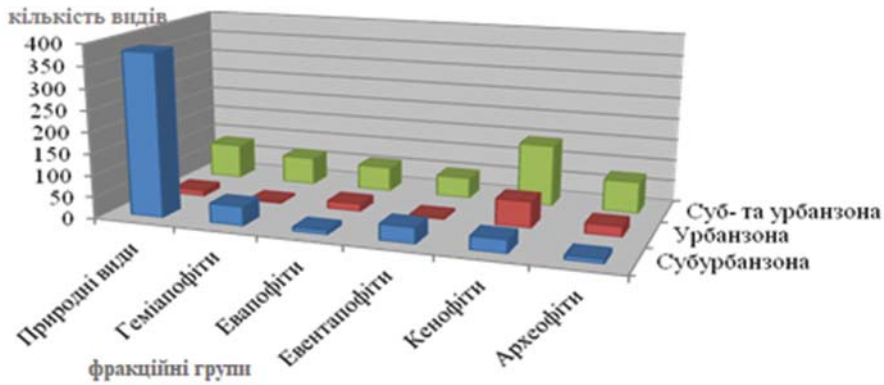


Рис. 1. Фракційний розподіл видового складу субурбанзони та урбанзони Харкова

Fig. 1. Fractional distribution of the composition of species in sub-urban area and urban area, Kharkiv



Рис. 2. Розподіл екотопів урбанофлори м. Харкова

Fig. 2. Distribution of ecotopes in urban flora, Kharkiv

**Природно-флористичний комплекс природних і напів-природних слаботрансформованих екотопів (2).** До цього комплексу екотопів зараховують зелені зони міста, у формуванні яких беруть участь переважно види аборигенних рослин у складі корінних або штучно створених фітоценозів, а також азональна флора міста. Розглянемо екотопи із природним рослинним покривом.

Природні екотопи включають фрагменти збережених в умовах міста природних фітоценозів, у складі яких виявлено 464 види аборигенних рослин, з яких 76,0 % відноситься до трав'янистих полікарпиків, а 56,8 % – до гемікриптофітів. Спектр провідних родин флори досліджуваної зони подібний до бореально-неморального спектра [16], що відповідає автохтонному елементу урбанofлори в цілому. Але деякі з екотопів антропогенно трансформовані, про що свідчить наявність у ценозі представників синантропних родин *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Caryophyllaceae*. У географічному спектрі домінують види з європейським, євроазійським та бореальним типами ареалів, що вказує на зональні риси даної зони. У зоні природного рослинного покриву зосереджені об'єкти природно-заповідного фонду місцевого значення: гідрологічний та лісовий заказники «Салтівський» і «Григорівський бір», ботанічні пам'ятки природи «Залютинська» і «Сокольники–Помірки», на яких виявлено 17 видів, занесених до Червоної книги України (2009), та 65 регіонально рідкісних видів. Тут представлені:

- залишки нагірних дібров (північно-західна частина міста, де знаходиться заказник місцевого значення «Сокольники–Помірки»), що представлені асоціаціями: *Acereto–Tilieto–Quercetum aegopodiosum*, *Quercetum corylloso–aegopodiosum*, *Acereto–Tilieto–Quercetum cricosum (pilosae)*, *Quercetum coryloso–stellariosum*. Тут зустрічаються рідкісні для флори Харкова та регіону види: *Primula veris* L., *Tulipa quercetorum*, *Epipactis helleborine*, *Ficaria calthifolia* Rchb., *Allium ursinum* L., *Dracocephalum ruyschiana* L. тощо [12]. Найбільша кількість видів дослідженого екотопу приурочена до лісових фітоценозів (155);
- залишки борів (приурочені до Григорівського, Залютинського бору, бору в районі Холодна Гора, Соснова Гірка) за участю асоціацій *Pinetum koeleriosum*, *Pinetum hylocomioso–cladinosum*, *Pinetum calagrostidetosum*, *Querceto–Pinetum graminoso herbosum*). Аналіз видового складу вказує [13], що трав'яний покрив міських борів сильно деградований, значну участь в його складі беруть види синантропних рослин (39). Серед них 33 види



апофітів та 9 видів адвентивних рослин. Провідними родинами синантропної фракції флори борів є *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Poaceae*, *Lamiaceae*, *Rosaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae*. Найчастіше у досліджуваній флорі зустрічаються представники північноамериканського походження (*Ambrosia artemisiifolia*, *Conyza canadensis*, *Phalacrologa annuum*, *Acer negundo* L. та ін.). Усі ці риси вказують на постійну антропогенну регресію борів Харкова, що може призвести до повного знищення збережених фрагментів;

- лучна рослинність представлена формаціями справжніх і заплавної луки – *Festuceta pratensis*, *Elytrigieteta repentis*, *Poeta pratensis*, *Trifolieteta pratensis*, *Calamogrostideteta epigeios*, *Cariceta acutae*, *C. nigra*, *C. vulpinae*, а також заболоченими ділянками з формаціями *Phragmiteteta australis*, *Typheta angustifoliae*, *T. latifoliae*, формаціями чагарникових верб *Saliceta triandrae*, *S. cinerea*. Вони приурочені до невеликих ділянок в заплавах річок Уди, Лопань, Харків та їх притоків переважно в південно–західній частині міста;
- водно-болотні угіддя, що розташовані у долинах річок Уди (р-н Левада, Новоселівка, Залютино, Журавлівський гідропарк); Харків (Журавлівський гідропарк, а також водойми в межах міста). Тут також знаходиться Салтівський гідрологічний заказник. На цих територіях переважно зустрічаються рідкісні і червонокнижні види, у числі яких: *Anacamptis palustris*, *A. coriophora*, *Dactylorhiza incarnata*, *Epipactis palustris*, *Parnassia palustris*, *Botrychium lunaria*, *Ophioglossum vulgatum*, *Valeriana officinalis* L. [13];
- остепнені луки і степові схили (на північно–східних околицях міста – Рогань, Північна Салтівка), що сформовані *Festuceta valesiaca*, *Poeta angustifoliae*, *Cariceta praecoccis*, *Trifolieteta montanae*. Тут знайдено рідкісні для Харкова та регіону рослини: *Iris pumila* L., *Adonis vernalis* L., *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill., *Fritillaria ruthenica* Wikstr., *Vinca herbacea*, *Tragopogon ucrainicus* Artemcz., *Paeonia tenuifolia* L., *Stipa capillata*, *Stipa lessingiana*.

Напівприродні антропогенно порушені екотопи характеризуються наявністю на одній території екотопів із залишками природної рослинності (дібров, борів, лучної рослинності) та культурфитоценозів з аборигенних деревно-чагарникових порід, таких як *Acer campestre* L., *A. platanoides* L., *A. tataricum*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*, *Spiraea crenata* L., *Ligustrum vulgare* та ін. Усього виявлено 90 видів деревно-

чагарникової групи рослин. Напівприродні антропогенно порушені екотопи знаходяться в центральній (Сад ім. Т. Шевченка), східній (Журавлівський гідропарк) та південній (Основ'янський гідропарк) частинах міста. Від природних екотопів вони відрізняються впливом антропогенних факторів, що призводить до їх трансформації та дестабілізації фітоценозів.

Азональний елемент урбанофлори Харкова (44 види) представлений водною та прибережно-водною флорою берегів водойм і заболочених заплавл річок Харків, Лопань, Уди. Серед них, зокрема, у 2014 р. виявлено два нові види північноамерикансько-африканського та середземноморського походження *Pistia stratiotes* L. і *Phragmites altissimus* (Benth.) Nabile; перший із них створює у регіоні суттєву загрозу для водного фіторізноманіття. Серед азональних рослинних угруповань міста найбільш стійкими до антропогенного впливу є *Lemnetum minoris*, *Lemnetum gibbae*, *Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae*, *Ceratophyllo-Hydrocharitetum*, *Potametum perfoliati*, *Potametum lucentis*, *Myriophylletum verticillati*, *Phragmition communis*, *Butometum umbullati*, *Butomo-Sagittarietum sagittifoliae*, *Butomo-Alismatetum plantaginis-aquaticae* L., *Typhetum angustifoliae* L. та ін.

**До природно-флористичного комплексу антропогенно трансформованих екотопів** (рис. 3) віднесені екотопи, зосереджені в основному в урбанзоні, але зустрічаються вони і в субурбанзоні міста.

Характерною особливістю цих екотопів є участь у них видів антропофільного елемента флори. Видовий склад антропогенно трансформованих екотопів нараховує 496 видів судинних рослин. Види не утворюють стійких рослинних угруповань, а їхня кількість і співвідношення залежать від антропогенного фактора. У деяких місцях на занедбаних ділянках можна спостерігати початкові стадії сукцесійних змін рослинності, що спричиняє заростання території: – однорічні трав'янисті рослини → багаторічні трав'янисті рослини і злаки → дерева насінневого походження (переважно *Acer negundo* і *Ulmus minor*).

Екотопи рекреаційного використання представлені ділянками штучного походження (лісові посадки, лісосмуги, регульовані парки), які мають різний ступінь антропогенного впливу залежно від місця розташування. Загальна кількість рослин, що зростає на рекреаційних екотопах, нараховує 42 види, серед яких більшість апофітів (38). Найбільшими за розміром парками є: парки – «Горького», «Автобудівників», «Юність», «Пам'яті», «Молодіжний», «Маяковського»; до середніх і малих зараховують міські сквери – «Перемоги», на площі Поезії, біля метро Наукова, на пл. Захисників

України, Червоношкільна набережна, бульвар Юр'єва та ін. У насадженнях цього типу екоотопів переважають масово висаджені в 70–90-х роках минулого століття породи деревних рослин (аборигенні та адвентивні): *Acer pseudoplatanus*, *A. saccharinum* L., *Tilia cordata*, *T. platyphyllos* Scop., *Ulmus glabra*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* L., *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum* L., а також види, що увійшли в культуру в останні 10–15 років: *Catalpa bignonioides* Walter, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle., *Rhus typhina* L., *Robinia neomexicana* A.Gray., *Fraxinus pennsylvanica*, *Tilia americana* L. та ін. У трав'яному покриві знайдено види адвентивних рослин північноамериканського походження, що мають високий інвазійний потенціал: *Solidago canadensis*, *Conyza canadensis*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Helianthus tuberosus*, *Phalacrolooma annuum*, *Amaranthus retroflexus*. Місцезростання цих видів приурочено до занедбаних ділянок, околиць парку, трансформованих майданчиків. Отже, досліджені рекреаційні екоотопи являють собою один із центрів вторинного поширення алохтонних і автохтонних видів по території міста.

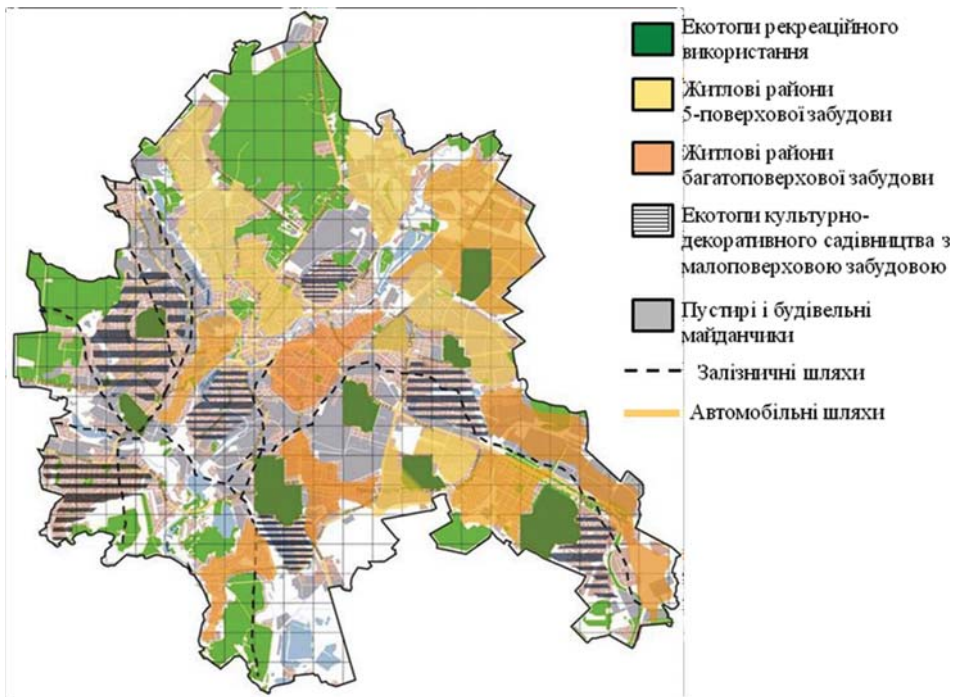


Рис. 3. Розподіл антропогенно трансформованих екоотопів урбанофлори Харкова

Fig. 3. Distribution of anthropogenically transformed ecotopes in urban flora, Kharkiv

Екотопи культурно-декоративного садівництва з мало-поверховою забудовою зосереджені переважно у приватному секторі з прибудинковими ділянками у великих за площею мікрорайонах міста: Основа, Верещаківка, Лиса Гора, Холодна Гора, Немишля, сел. Фрунзе, Західний, Східний. Тут знайдено тільки види адвентивних рослин, у т.ч. здичавілі з культури (28). Усі вони кенофіти та ергазіофіти. Екотопи культурно-декоративного садівництва мають ряд особливостей: динамічна зміна одних культурних рослин іншими, постійне поповнення новими втікачами з культури за допомогою людської діяльності, що наразі призводить до їх натуралізації. Наприклад, нами виявлено *Euphorbia marginata*, вид північноамериканського походження, який здатний поновлюватися генеративно і вегетативно; вид середземноморського походження, *Calendula officinalis* L., подолав географічний бар'єр, натуралізувався та поступово розширює ареал; *Solidago canadensis* також подолав географічний бар'єр, пристосувався до екологічних факторів нового біотопу, натуралізувався по всій території міста, здатний укорінюватися у місцевих угрупованнях напівприродних та антропогенно трансформованих екотопах [14]. Саме такі екотопи є центром розповсюдження видів, здичавілих з культури (*Aquilegia vulgaris*, *Nigella damascena*, *Lunaria annua* L., *Helianthus decapetalus*, *H. × laetiflorus* Pers., *Alcea rosea*, *Amaranthus hypochondriacus* та ін.).

Житлові райони 5-поверхової забудови були зведені на місці природного рослинного покриву і сільськогосподарських угідь. До цієї зони належать мікрорайони Нові Будинки, Павлове Поле, Ближня Салтівка. На цій території види автохтонного елемента флори практично не відмічені. У складі деревних порід домінують культивовані, переважно декоративні види дерев і чагарників (*Populus alba* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Amorpha fruticosa*, *Salix babylonica* L., *Juglans nigra* L., *J. regia* L., *Syringa vulgaris* L., *Philadelphus coronarius* L. та ін.). Серед них нами також відмічено вид трансформер – *Acer negundo* [15]. Завдяки представленості деревних рослин і особливостям сформованого мікроклімату у мікрорайонах, на екотопах росуть лісові, тіньовитривалі і тінілюбиві види мезофільної групи рослин (*Saponaria officinalis*, *Anemone nemorosa* L., *A. ranunculoides* L., *Gagea lutea* (L.) Ker Gawl., *G. pusilla* (FW Schmidt) Schult. & Schult.f., *Tulipa quercetorum*, *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Scilla siberica* Haw., *Viola canina* L., *V. suavis* M.Bieb., *V. odorata* L. та ін.). Представники дослідженого екотопу культивуються людиною, тому лісові природні види у даному випадку є вторинно занесеними на даний екотоп. Екотопи житлових районів 5-поверхової забудови нараховують 18 видів рослин.



Житлові райони багатоповерхової забудови зведені на місці одноповерхової забудови (приватні будинки або садові ділянки) переважно на чорноземних ґрунтах. Розташовані вони в центральній частині міста і ближче до його околиць (пр. Гагаріна, м-рн ХТЗ, Індустріальна, Холодна гора, початок вул. Клочківська). Дані райони характеризуються умовами, схожими з екотопами 5-поверхової забудови, але відрізняються наявністю у великій кількості як декоративних, так і культурно-плодових рослин (*Armeniaca vulgaris* Lam., *Cerasus vulgaris* Mill., *Prunus domestica* L., *Prunus spinosa* L., *Rosa canina* L., *Padus avium*, *Spiraea media*, *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt. та ін.). Більшість цих районів характеризуються великими відкритими просторами прибудинкових територій, які також створюють особливий мікроклімат, у якому переважають 17 видів світлолюбивих і напівтіньових рослин мезофітної лісової та лісо-лучної групи. Рослини аборигенної фракції флори на даній території практично не представлені, а найчастіше поширені посадки декоративних рослин, що пов'язано з використанням території до забудови. Тут переважно відмічені кенофіти (72 %) – *Kochia scoparia*, *Artemisia annua*, *Conyza canadensis*, *Salsola tragus* s. str., *Iva xanthifolia*, *Galinsoga parviflora*, *Senecio jacobaea*, *Rudbeckia triloba*, *Helipopsis scabra* та ін.

До цієї зони також відносяться житлові райони багатоповерхової забудови на місці природного рослинного покриву в основному на чорноземних ґрунтах, що використовувалися раніше як сільгосп-угіддя, а тому значною мірою відрізняються від попередньої зони. На території міста вони представлені мікрорайонами Салтівка, Північна Салтівка, Олексіївка, Рогань, Горизонт. Особливістю цих районів є відносно висока сухість, через що деревні рослини почуються гірше, а в трав'яному покриві найчастіше зустрічаються види аборигенних рослин, характерні для ксерофітних відкритих місць існування. Найчастіше серед них відмічені види, що входять до апофітної фракції флори міста та виявляють стійкість до антропогенної трансформації: *Pyrus communis* L., *Prunus spinosa* L., *Elytrigia intermedia*, *Poa annua*, *Artemisia absinthium* L., *Potentilla reptans* L., *P. argentea* L., *Tanacetum vulgare* L., *Achillea millefolium* L. та ін.

Автотранспортні шляхи представлені великими міськими магістралями: Сімферопольське шосе, пр. Гагаріна, вул. Клочківська, проспект Героїв Харкова, Академіка Павлова; рослини, що тут ростуть, відіграють санітарно-гігієнічну роль (*Populus deltoides* Marshall., *Populus italica* (Du Roi) Moench., *Populus nigra* L., *Populus tremula*, *Acer pseudoplatanus*, *A. saccharinum*, *Tilia cordata*, *Robin-*

*ia pseudoacacia*), а також є джерелом занесення видів адвентивних рослин: *Asclepias syriaca*, *Datura tatula*, *Xanthium strumarium* L., *Bryonia alba*, *Cosmos bipinnatus*, *Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muehl., *Eragrostis suaveolens*, *Cenchrus longispinus*, *Artemisia tournefortiana*. З урахуванням функціональних особливостей екотопу, що постійно знаходиться під антропогенним навантаженням, до його складу входять рудеральні види: *Erigeron acris*, *Crepis tectorum* L., *Iva xanthiifolia*, *Setaria glauca*, *Polygonum aviculare*, *Portulaca oleracea*, *Malva pusilla*, *Berteroa incana* (L.) DC. та ін. Кількість представників дослідженого екотопу нараховує 72 види рослин, з яких 65,6 % припадає на адвентивний елемент.

Залізничні шляхи зосереджені у південно-східній частині міста і представлені: залізничними насипами, зонами відчуження і захисними лісосмугами. Флора залізничних шляхів, як один із типів антропогенно трансформованих екотопів зі специфічним рослинним покривом, нараховує 269 видів рослин [16]. Фракційний аналіз показав такий розподіл: адвентивна фракція – 50,9 %, апофітна – 37,7 %, природна – 11,5 %. Спектр провідних родин флори залізничних шляхів суттєво відрізняється від інших спектрів: підвищується ранг родини *Chenopodiaceae* та *Boraginaceae*, що відбувається за рахунок збагачення видами адвентивних, переважно рудеральних, рослин. До спектра входять родини *Amaranthaceae* (4,3%), *Malvaceae* (3,6%), *Solanaceae* (2,9%), *Fumariaceae* (2,2%), *Opagraceae* (2,2%), які відсутні у загальному спектрі провідних родин досліджуваної урбанofлори.

На залізничних насипах зафіксовано 127 видів адвентивних рослин, з яких 58 археофітів і 69 кенофітів, що повністю натуралізувалися на антропогенно трансформованих екотопах (*Consolida regalis*, *Nigella arvensis*, *Fumaria parviflora* Lam., *Apera spica-venti* (L.) Beauv., *Bromus arvensis*, *Oxybaphus nyctagineus*, *Equisetum ramosissimum* Desf. Sweet., *Centaurea diffusa* Lam. та ін.). У ході дослідження таких типів екотопів нами знайдено такі нові види, як *Euphorbia davidii* [60], *Cynodon dactylon*, *Tribulus terrestris*, *Citrullus lanatus*, *Elaeagnus angustifolia* L., *Ulmus pumila*, *Grindelia squarrosa*, *Solanum schultesii*, *Oenothera villosa*, *Impatiens parviflora* DC., *Rudbeckia laciniata*, *R. hirta*, *Echinocystis lobata*, *Echinochloa tzelevii*.

Для залізниць міста характерне формування так званих «зон відчуження» з фрагментами природного рослинного покриву, в якому збереглися види аборигенної фракції флори, наприклад *Lu-*



*zula multiflora* (Ehrh.) Lej., *Polygala comosa* Schukhr., *Elisanthe noctiflora*, *Scirpoides holoschoenus* (L.) Soják та ін., у тому числі і рідкісні, які занесені до Червоної книги України: *Botrychium lunaria*, *Dactylorhiza incarnata*, *Anacamptis coriophora* [16].

Пустирі і будівельні майданчики характеризуються наявністю в основному видів рудеральних рослин, які є невибагливими. На даних екотопах виявлено 32 види рослин, з яких 23 відносяться до адвентивних, переважно кенофітів, інші – апофіти. Для таких територій характерно повне зведення природних видів і, як правило, порушений ґрунт, в основі якого – будівельне сміття. Такі екотопи в першу чергу заселяються переважно рудеральними рослинами з прилеглих фітоценозів. У видовому складі екотопів виявлено: *Ambrosia artemisiifolia*, *Solanum nigrum*, *Urtica dioica* L., *Dactylis glomerata*, *Elytrigia repens*, *Cirsium arvense*, *Bidens frondosa*, *Artemisia abrotanum*, *Lactuca serriola* L., *Capsella bursa-pastoris*, *Reseda lutea*, *Galinsoga urticifolia*, *Linaria vulgaris*, *Xanthium spinosum*, *Plantago major* L., *Datura stramonium* L., роди *Atriplex* L., *Chenopodium*, *Amaranthus*.

Ботанічний сад, дендрарії є центрами інтродукції та акліматизації видів адвентивних рослин на території міста, але, незважаючи на це, все ще зберігають фрагменти рослинного покриву (вул. Клочківська, вул. Отакара Яроша, вул. Валентинівська). Саме з їх територій ергазіофіти, що адаптувалися до певних умов існування, поширюються в інші райони міста (*Acer negundo*, *Antirrhinum majus*, *Robinia pseudoacacia*, *R. neomexicana* A.Gray., *Ipomoea purpurea*, *I. hederacea*, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle., *Abutilon theophrasti*).

Кладовища ми виділили як окремих тип екотопу. Для них характерна висока концентрація і різноманітність декоративних видів рослин. Нами було зафіксовано здичавіння видів адвентивних рослин, що мають високі декоративні якості: *Rudbeckia hirta*, *Phlox paniculata*, *Physalis alkekengi*, *Hibiscus trionum*, *Lunaria annua*, *Gaillardia pulchella* та ін. Даний екотоп є одним із центрів вторинного поширення видів на прилеглих територіях міста.

Таким чином, зона природної рослинності на території Харкова представлена як у старій частині міста (невеликі ділянки), так і на його околицях (зелені масиви). Найбільші за площею лісові ділянки (діброви) знаходяться в північно-західній частині; менші за розміром (бори і діброви) сконцентровані в західній і південно-західній частині міста. Чіткої межі між комплексами

природних та напівприродних екотопів не виявлено, і дуже часто вони накладаються одна на одну, що зумовлено антропогенним чинником та екотонним ефектом.

У північно-східній частині міста, по мірі віддалення від центру, знаходяться ділянки суходільних лук із залишками степового рослинного покриву по схилах балок. Це рослинний покрив чергується з ділянками сільськогосподарських угідь і територіями іншого використання. Водно-болотне фіторізноманіття зосереджено у заплавах річок.

Екотопологічний аналіз урбанофлори Харкова показав, що фрагменти природного рослинного покриву приурочені до околиць міста внаслідок збільшення ступеня антропогенної трансформації екотопів від периферії до центру. У свою чергу, динаміка видового багатства досліджуваної флори поступово змінюється від центру до околиць міста, тим самим ступінь трансформації елементів середовища закономірно зростає в доцентровому напрямку.

### Список джерел до розділу

1. Бурда Р. І., Ігнатюк О. А. Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі. Київ: НЦЕБМ НАН України, ЗАТ „Віпол“, 2011. 112 с.
2. Бабаєв В. М. Планування територіального розвитку Харкова: історія та сучасність. *Вісник ХНУ. Питання політології*. 2007. № 785. С. 58–68.
3. Jackowiak B. Atlas rozmieszczenia roslin naczyniowych w Poznaniu. Poznan, 1993 P. 196.
4. Sukopp H., Werner P. Nature in cities. A report and review of studies and experiments concerning logy, wildlife and nature conservation in urban and suburban areas. *Council of Europe Nature and Environment*. 1982. 28. P. 1–94
5. Wittig R., Diesing D. Das oecologische Zeigerwertespektrum der spontanen Flora von Grosstädten im Vergleich zum Spectrum ihres Umlandes. *Natur und Landesch*. Berlin, 1981. Vol. 56. S.12.
6. Переяслав–Хмельницький. Природа: рослинний світ / [За ред. В. П. Коцура, В. М. Джурана, М. М. Федорончука, М. В. Шевери]. Корсунь–Шевченківський: ФОП Майданченко І. С., 2010. 163 с.
7. Злобін Ю. А., Мельник Т. І., Дяченко Є. І. Флороценотичні комплекси урбанізованих територій (на прикладі м. Суми). *Біологічні науки: зб. наук. праць*. Сумський держ. пед. ін-т ім. А. С. Макаренка. Суми, 1998. С.19-26.
8. Бурда Р.І., Протопопова В.В., Федорончук М. М., Шевера М.В. Синантропізація флори та рослинності – загроза біорізноманіття. *Вісник НАН України*. 2013. №2. С. 77–80.



9. Мосякін С. Л. Територіальні закономірності експансії адвентивних рослин в урбанізованому середовищі (на прикладі м. Київ). *Укр. бот. журн.* 1996. Т. 53, № 5. С. 536–544.
10. Wittig R., Dising D., Godde M. Urbanophob – Urbanoneutral – Urbanophil. Das Verhalten der Arten gegenüber dem Lebensraum Stadt. *Flora*. 1985. 177, № 5–6. S. 265–282.
11. Wittig R. Siedlungsvegetation. *Rüdiger Wittig – Stuttgart (Hohenheim)*: Ulmer, 2002. 252 p.
12. Жалнін А. В., Горелова Л. М. Сучасний стан лісової рослинності у заказниках «Помірки» та «Помірки–Сокольники» Харківського лісопарку. *Лісівництво і агролісомеліорація*. Харків: РВП «Оригінал», 1999. Вип.95. С. 103–108.
13. Климов О. В., Вовк О. Г., Філатова О. В. та ін. Природно-заповідний фонд Харківської області. Харків: Райдер, 2005. 304 с.
14. Звягінцева К. О. Знахідки адвентивних рослин у флорі м. Харкова. *Укр. бот. журн.* 2013. Т. 70, № 6. С. 772–775.
15. Zvyagintseva K. A. Wood species with high invasive ability in Kharkiv urban flora. Book of Abstract 11<sup>th</sup> International Conference on the Ecology and Management of Alien Plant Invasions (Szombathely, Hungary, 30<sup>th</sup> August–3<sup>rd</sup> September 2011). *Szombathely: Cultural and Youth Centre of Vas County*, 2011. p.155.
16. Звягінцева К. О. Аналіз флори залізниць міста Харкова. *Вісн. нац. ун-ту імені В. Н. Каразіна. Сер.: біол.* 2013. Вип. 17, № 1056. С. 44–53.

---

## References to the chapter

1. Burda, R. I., Ignatyuk, O. A. (2011). *Methodology for researching the adaptive strategy of alien plant species in an urban environment*. Kyiv.
2. Babaev, V. M. (2007). Territorial development planning of Kharkiv: history and modernity. *Bulletin of KhNU. Questions of political science*. 785. 58–68.
3. Jackowiak, B. (1993). Atlas rozmieszczenia roslin naczyniowych w Poznaniu. Poznan.
4. Sukopp, H., Werner, P. (1982). Nature in cities. A report and review of studies and experiments concerning logy, wildlife and nature conservation in urban and suburban areas. // *Council of Europe Nature and Environment*. 28.
5. Wittig, R., Dising, D. (1981). Das oecologische Zeigerwertspektrum der spontanen Flora von Grosstadten im Vergleich zum Spectrum ihres Umlandes. *Natur und Landschaft*. Berlin, 56.
6. Kotsura, V. P., Jurana, V. M., Fedoronchuk, M. M., Shevera, M. V. (Ed.). (2010). *Pereyaslav-Khmelnytskyi. Nature: the plant world*. Korsun–Shevchenkivskyi.
7. Zlobin, Y. A., Melnyk, T. I., Dyachenko, E. I. (1998). Florocoenotic complexes of urbanized areas (on the example of Sumy). *Biological sciences: collection of science works*. A. S. Makarenko Sumy State Ped. Institute.
8. Burda, R. I., Protopopova, V. V., Fedoronchuk, M. M., Shevera, M. V. (2013). Synanthropization of flora and vegetation is a threat to biodiversity. *Visn. NAS of Ukraine*. 2.
9. Mosyakin, S. L. (1996). Territorial regularities of the expansion of alien plants in an urban environment (on the example of Kyiv). *Ukr. bot. journal*. 53, 5.



10. Wittig, R., Diesing, D., Godde, M. (1985). Urbanophob – Urbanoneutral – Urbanophil. Das Verhalten der Arten gegenüber dem Lebensraum Stadt. *Flora*. 177, № 5–6.
11. Wittig, R. (2002). Siedlungsvegetation. *Rüdiger Wittig – Stuttgart (Hohenheim)*, Ulmer.
12. Zhahnin, A. V., Gorelova, L. M. (1999). The current state of forest vegetation in the «Pomyrki» and «Pomyrki-Sokolniki» reserves of the Kharkiv forest park. *Forestry and agroforestry improvement. Kharkiv*. 95.
13. Klymov, O. V., Vovk, O. G., Filatova, O. V. etc. (2005). *Nature and reserve fund of the Kharkiv region. Kharkiv*.
14. Zvyagintseva, K. O. (2013). The new finds of alien plants in the flora of Kharkiv. *Ukr. bot. journal*. 70, 6.
15. Zvyagintseva, K. A. (2011). Wood species with high invasive ability in Kharkiv urban flora. *Book of Abstract 11<sup>th</sup> International Conference on the Ecology and Management of Alien Plant Invasions (Szombathely, Hungary, 30<sup>th</sup> August–3<sup>rd</sup> September 2011)*. Szombathely: Cultural and Youth Centre of Vas County.
16. Zvyagintseva, K. A. (2013). Analysis of the flora railways of Kharkiv. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series «Biology»*. 17, 1056.

**2**



**GREEN-BLUE  
INFRASTRUCTURE OF CITIES**

**ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНА  
ІНФРАСТРУКТУРА МІСТ**

## **2.1. GREEN INFRASTRUCTURE & URBAN FORESTRY: STRATEGIC MANAGEMENT FOR MITIGATION AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN THE CITIES**

---

### **2.1. ЗЕЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА МІСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО: СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ПОМ'ЯКШЕННЯ ТА АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ В МІСТАХ**

#### **SKRYHAN Hanna**

Candidate of Science (Geography), Associate Professor.  
Erda Research, Technology, Education, Ceintuurbaan 211,  
3051KC Rotterdam, Netherlands.  
<https://orcid.org/0000-0002-3767-6923>  
[skrane4ka@gmail.com](mailto:skrane4ka@gmail.com)

#### **SHKARUBA Anton**

Candidate of Science (Geography), Senior Researcher of  
Estonian University of Life Sciences, Institute of  
Agricultural and Environmental Sciences, Chair of  
Environmental Protection and Landscape Management,  
Kreutzwaldi 1, 51006 Tartu, Estonia,  
<https://orcid.org/0000-0003-2536-2123>  
[anton.shkaruba@emu.ee](mailto:anton.shkaruba@emu.ee)

This chapter presents the definition of green infrastructure, the classification of its elements, the benefits that cities receive from the effective development of green infrastructure, and in particular the benefits for adaptation to climate change (reduction of the urban heat island, stormwater regulation) and biodiversity conservation. It is noted that in order to increase the efficiency of green infrastructure in cities, it is necessary to change



approaches to the planning and construction of green infrastructure in cities. The principles of such planning are given in accordance with [Cities alive..., 2014]: multifunctionality (includes both the diversity of users and their interests, and the diversity of green space functions both in the present and in the future); participation of stakeholders in planning (because it allows to take into account the interests of all users of green infrastructure, and to better understand their requirements, based on cultural, social and economic characteristics); future changes (designers, when planning green infrastructure, should be guided by trends that can radically change approaches to urban spatial planning); application of new technologies (application of modern GIS technologies, big data technologies, modeling, etc.); understanding of the wide range of functions of green infrastructure in cities (green areas are not only pretty places for recreation).

Green areas have a significant cooling effect and can reduce the urban heat island. The cooling effect is achieved both by shadowing and by evotranspiration. The actual potential for reducing the heat island depends not only on the type of vegetation, but also on its distribution and design. Specific recommendations are given for the design of urban greening in order to enhance the cooling effect. Green infrastructure in cities is being actively developed to regulate surface runoff. The chapter discusses the main elements of sustainable drainage systems: green roofs, rainwater collection and storage, ditches and drains, infiltration basins, rain gardens and wetlands. For each of these solutions, the advantages and disadvantages, the preconditions for their application and the subsequent features of operation are given. Urban green infrastructure is an effective tool for biodiversity conservation. Different elements (quasi-natural areas, wetlands, green roofs, lawns, hedges, sustainable drainage elements, vertical gardening) have different potential for biodiversity conservation. The chapter provides the principles to be followed when designing elements of green infrastructure in order to preserve and increase biodiversity.

**Key words:** green infrastructure, heat island, principles of planning, biodiversity.

**СКРИГАН Анна Юрїївна** – кандидат географічних наук, доцент, Ерда – дослідження, технології, освіта. Центуурбан 211, 3051 КС Роттердам, Нідерланди. skrane4ka@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-3767-6923>

**ШКАРУБА Антон Дмитрович** – кандидат географічних наук, старший науковий співробітник Естонського університету природничих наук, Інститут аграрних та екологічних наук, кафедра охорони навколишнього середовища та управління ландшафтом, Kreutzwaldi 1, 51006 Тарту, Естонія, anton.shkaruba@emu.ee  
<https://orcid.org/0000-0003-2536-2123>

У цьому розділі представлено визначення зеленої інфраструктури, класифікація її елементів, вигоди, які одержують міста від ефективного розвитку зеленої інфраструктури, та зокрема відзначено вигоди для адаптації до зміни клімату (редукування міського острова тепла, регулювання поверхневого стоку) та збереження біорізноманіття. Зазначається, що для підвищення ефективності зеленої інфраструктури у містах необхідно змінити підходи до планування та будівництва зеленої інфраструктури у містах. Наведено принципи такого планування відповідно до [Cities alive..., 2014]: багатфункціональність (включає як різноманіття користувачів та їх інтересів, так і різноманіття функцій зеленого простору як у теперішньому, так і майбутньому); участь стейкхолдерів у плануванні (оскільки дозволяє врахувати інтереси всіх користувачів зеленої інфраструктури, так і глибше зрозуміти їх вимоги, виходячи з культурних, соціальних та економічних особливостей); майбутні зміни

(проектувальники під час планування зеленої інфраструктури мають керуватися трендами, які можуть кардинально змінити підходи до планування міського простору); застосування нових технологій (застосування сучасних ГІС-технологій, технологій “big data”, моделювання та ін.); розуміння широкого спектру функцій зеленої інфраструктури у містах (зелені території – це гарні місця для відпочинку).

Зелені території мають значний охолоджуючий ефект і можуть редукувати міський острів тепла. Охолоджуючий ефект досягається як створенням тіні, так і евоотранспірацією. Фактичний потенціал зменшення острова тепла залежить не тільки від типу рослинності, але також від її розподілу та дизайну. Наведено конкретні рекомендації для проектування озеленення міст з метою посилення ефекту охолодження. Зелена інфраструктура у містах активно розвивається з метою регулювання поверхневого стоку. У розділі розглянуто основні елементи стійких дренажних систем: зелені дахи, збирання та накопичення дощової води, канали та водостоки, інфільтраційні басейни, дощові сади та водно-болотні угіддя. Для кожного з цих рішень наведено переваги та недоліки, передумови їх застосування та подальші особливості експлуатації. Міська зелена інфраструктура є ефективним інструментом збереження біорізноманіття. Різні елементи (квазі-природні території, водно-болотні угіддя, зелені дахи, газони, живоплоти, елементи стійкого дренажу, вертикальне озеленення) мають різний потенціал для збереження біорізноманіття. У розділі наводяться принципи, яких необхідно дотримуватись при проектуванні елементів зеленої інфраструктури з метою збереження та збільшення біорізноманіття.

**Ключові слова:** зелена інфраструктура, острів тепла, принципи планування, біорізноманіття.

---

### **2.1.1. What does mean “green infrastructure”? Elements of green infrastructure**

#### **2.1.1. Що означає «зелена інфраструктура»? Елементи зеленої інфраструктури**

The term “green infrastructure” is relatively young: its formalization in environmental management and policy occurred in 2013 when the European Commission approved the European Green Infrastructure Strategy [1]. In general, we could give the following definition of the green infrastructure:

***Green infrastructure (GI) is a strategically planned network of natural and semi-natural areas with other environmental features designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services such as water purification, air quality, space for recreation, and climate mitigation and adaptation [2].***

Elements of GI at the local (including city) level [2]:

- protected areas;



- natural ecosystems with a high value of natural components outside protected areas (for example, floodplains of river valleys, swamps, coastal zones, areas of primary forests, etc.);
- small areas of natural ecosystems (small streams, forests, shelterbelts) that can serve as ecological corridors;
- restored habitats created to expand protected areas, increase the range of habitats for species, and organize migration conditions);
- artificial ecosystems (eco-corridors or eco-bridges) created to organize species migration routes through insurmountable landscape barriers;
- multifunctional zones where biodiversity conservation is preferred over other activities;
- territories where measures are taken to improve the quality of the environment and landscape;
- urban elements (parks, squares, vertical gardening, green roofs, etc.) that allow ecosystems to perform ecosystem functions and unite urban, suburban, and rural ecosystems);
- structures for adaptation to climate change (for example, swamps, meadows, forests designed to protect against floods and waterlogging, and carbon dioxide runoff).

### Examples of GI:

1) Natural and semi-natural ecosystems, such as pastures, woodland, forest (no intensive plantations), ponds, bogs, rivers and floodplains, coastal wetlands, lagoons, beaches, and marine habitats



<http://www.sojourninparis.com/2015/05/the-bois-de-boulogne-disaster.html>

Boulogne forest



[https://en.wikipedia.org/wiki/Scarborough\\_Marsh](https://en.wikipedia.org/wiki/Scarborough_Marsh)

Scarborough Marsh



<https://www.orangesmile.com/extreme/ru/unesco-italy/venice-and-its-lagoon.htm>

Venetian lagoon

## 2) Local nature reserves, water protection areas, landscape protection areas, Natura 2000 sites



<https://ecologyofrussia.ru/direktorom-natsionalnogo-parka-losinyj-ostrov-naznachen-rustam-yakubov/>

National park "Losinyj ostrov" in Moscow



<https://greenbelarus.info/articles/04-08-2021/ot-tivali-do-loshickogo-parka-v-minske-proshel-iyulskiy-progulochnyy-marafon-po>

"Water-green diameter" of Minsk



<https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000>

Natura 2000 site, Ljubljana

## 3) Restored areas that were before fragmented or degraded natural areas, brownfield land, or disused quarries; transitional ecosystems due to land abandonment or regeneration processes



<https://portal.ct.gov/DEEP/Remediation--Site-Clean-Up/Brownfields/Brownfields-Success-Stories>

Restored brownfield area in Great Britain



<https://regenerativedesign.world/prinzessinnengarten>

Princess's garden in Berlin



<https://bahna.land/ru/bolota/vosstanovlenie-povrezhdennykh-melioratsiej-territorij-povtorno-e-zabolachivanie-i-ekologicheskaya-reabilitatsiya>

Restored peatland in Belarus

4) High nature value farmland and multi-use forests (such as watershed forests); protection forests (against avalanches, mudslides, stonefall, and forest fires), and natural buffers such as protecting shorelines with barrier beaches and salt marshes



<http://www.hnvlink.eu/what-is-hnv/>

High nature value farmland -  
Cereal steppes of Rio  
Jarama & Henares (Spain)



<https://www.lfi.ch/lfi/projekte/schutzwald-en.php>

Protection forests (against  
avalanches), Schutzwald



<https://climateactiontool.org/content/restore-and-protect-natural-shorelines-use-living-shoreline-techniques>

Natural buffers such as  
protecting shorelines -  
Marsh restoration project in  
Hammonasset

5) Street trees and avenues, city forest/woodlands, high-quality green public spaces, and business parks/premises; green roofs and vertical gardens; storm ponds and sustainable urban drainage systems; city reserves including Natura 2000



<https://smithsoniangardens.wordpress.com/2013/11/05/urban-trees-more-than-just-beautiful/>

Street trees and avenues of  
the Smithsonian Gardens



<https://www.homedit.com/green-facades-and-vertical-gardens/>

Vertical gardens in Old  
Town in Quang Nam,  
Vietnam



<https://www.bgs.ac.uk/geology-projects/suds/>

Sustainable urban drainage  
systems in Derby

6) Hedgerows, stone walls, small woodlands, ponds, wildlife strips, riparian river vegetation, a transitional ecosystem between croplands, grassland, and forests



<https://www.suffolkwildlifetrust.org/conservationadvice/woodlands-and-hedgerows/hedgerow-management>

Hedgerows of Suffolk



<https://www.nationalgeographic.org/article/hedging-biodiversity/>

Transitional ecosystem between croplands, grassland of Somerset



<https://www.waternsw.com.au/water-quality/catchment/living/managing-land/riparian>

Riparian river vegetation in Australia

7) Eco-ducts, green bridges; animal tunnels (e.g. for amphibians), fish passes, road verges, ecological powerline corridor management



<https://blog.forumias.com/what-are-eco-ducts-or-eco-bridges/>

Eco-ducts and green bridges



<https://www.fishtek.co.uk/services/fish-pass-fabrication-installation/>

Fish passes of Alaska



<https://www.nhm.ac.uk/discover/why-road-verges-are-important-wildlife-habitats.html>

Road verges in Great Britain



## 2.1.2. Why is green infrastructure so important to cities?

### 2.1.2. Чому зелена інфраструктура така важлива для міст?

Green infrastructure is seen as a tool that allows for the provision of environmental, economic, and social benefits through the implementation of natural (green) solutions. The benefits provided by GI include three groups: environmental, economic, and social (Table 1).

Initially, the concept of GI was considered primarily as a mechanism for maintaining and increasing the quantity and quality of ecosystem services provided by city green spaces, as an important tool for preserving biodiversity in urban areas. Ecosystem services and their natural and cultural values are considered an integral part of the landscape identity and spatial capacity of the urban area, and their over-exploitation is the main threat to human well-being and spatial development of settlements and adjacent areas. Subsequently, the concept of green infrastructure began considered as the basis for developing and implementing local strategies for mitigation and adaptation to climate change.

Table 1

Benefits provided by green infrastructure [2]

| Environmental                        | Economic   | Social                          |
|--------------------------------------|--|---------------------------------|
| Improved visual amenity              | Increased property prices                        | Encouraging physical activity   |
| Improved the urban microclimate      | Increased land values                            | Improving childhood development |
| Improved air quality                 | Faster property sales                            | Improved mental health          |
| Reduced flood risk                   | Encouraging inward investment                    | Faster hospital recovery rates  |
| Better water quality                 | Reduced energy costs via microclimate regulation | Encouraging place identity      |
| Improved biodiversity                | Improved chances of gaining planning permissions | Improved workplace productivity |
| Reduced ambient noise                | Improved tourist and recreation facilities       | Increasing social cohesion      |
| Reducing atmospheric CO <sub>2</sub> | Lower healthcare costs                           | Reduction in crime              |

Regarding urban climate should be noted that it differs from the climate of the surrounding area by

- (1) existence of a “heat island”;
- (2) reduction of solar radiation flux by 15-20%;

- (3) reduced sunshine duration;
- (4) the appearance of a “rural breeze”;
- (5) an increase in cloudiness by 15-20%, the amount of precipitation, days with fog,
- (6) a decrease in the relative humidity of the air [8].

According to UN-HABITAT experts [1], climate change will cause significant impacts on urban climate (Table 2).

*Table 2*

Consequences of climate change for cities [1]

| Climatic phenomena                          | Likelihood      | Consequences   |
|---|-----------------|--|
| Shorter cold period                         | Almost absolute | Reduced energy demand (heat and electricity) for heating   |
| Increase in the duration of the warm period | Almost absolute | Increased energy demand (thermal and electrical) for cooling   |
| Temperature increasing                      | Almost absolute | Less damage to engineering and transport infrastructure due to snowfalls and ice. Changes in the distribution of permafrost, damage to buildings and structures      |
| «Heat Waves»                                | Very likely     | Decreasing the quality of life of people, affect the health of the elderly, children, and the poor. Increasing energy demand for air conditioning                    |
| Increasing frequency of heavy rainfall      | Very likely     | Destruction of buildings, roads, and engineering infrastructure. A significant number of deaths and injuries, large material damage                                  |
| Droughts                                    | Probably        | Lack of drinking water and water for household needs (for industry and services), reduction in electricity generation at hydroelectric power plants. Human migration |
| Increasing frequency of tropical cyclones   | Probably        | Destruction of settlements, and water supply systems, many deaths, victims, and huge damage. Population migration  |
| Increasing frequency of floods and tsunamis | Probably        | Decrease in water, many deaths affected, and huge damage. Population migration   |

GI and green spaces as its main element have a positive effect on the urban climate and mitigate the consequences of its changes:

- create shade and reduce the temperature, softening the heat island. There are certain differences in the cooling effect depending on the type of stands: large and connected green spaces, areas with a higher density of green



spaces have a greater cooling effect. In densely built-up areas green spaces do not have a cooling effect;

- regulate surface runoff. Increasing the area of green spaces by 5% leads to a decrease in surface runoff by 2% and significantly reduces the risk of floods and the impact of heavy rainfall on the urban environment;
- reduce the level of atmospheric pollution and concentration of the dust, which reduces the number of fogs days and favorably affects the state of public health;
- capture CO<sub>2</sub> from the atmosphere.

### **2.1.3. Strategies of green infrastructure development for climate change adaptation in the cities**

#### **2.1.3. Стратегії розвитку зеленої інфраструктури для адаптації міст до змін клімату**

In an urban context, GI is “one of the most effective tools available to us in managing environmental risks such as flooding and heatwaves” [2].

*Cities Alive* proposes a design approach for urban environments that promotes nature as a key driver. This embraces the direction of national government policy that acknowledges the essential value of the natural environment and its role in underpinning economic prosperity, health, and wellbeing. The approach seeks to create healthier, more socially cohesive, and biodiverse urban environments and a connected city ecosystem for people and wildlife that also builds in resilience measures against climate change in the form of storm, flood, heat, drought, and pollution protection [2]. In many cases, a substantial transformation of city environments will be required to create effective GI and achieve a better balance between green and grey. However, by recognizing nature as an opportunity for an effective solution and by realizing that GI can be integrated and linked into existing and future attractively built developments, the potential is there to create more livable cities. To realize coordinated resilience proposals in the future private and public sectors, government departments, companies and businesses will need to adopt a more collaborative approach with a view to longer-term benefits. This approach can also involve looking at new funding models and engaging in more user-driven design to encourage support from and acceptance by local communities.

In the future, a GI-led design approach can be employed to weave nature into the city to provide vital carbon sinks and effective mitigation against risks such as flooding, heatwaves, and drought. Using the potential of the city’s

green infrastructure for adaptation to climate change requires rethinking the role of green spaces in the urban areas and making changes to the planning, design, and maintenance of the greenery at the city level (fig. 1).

*Multifunctionality.* The initial prerequisites for planning and designing urban green areas should be (1) multifunctionality and (2) taking into account the multiplicity of end-users. From the beginning of the design process, it's important to bear in mind the multiplicity of end-users. The design process must attempt to anticipate and if possible incorporate future functions of a space for years and decades to come. The changing demographics of the city, coupled with its changing needs, drive the demand to frame new landscape projects in a wider, multipurpose, and multifunctional context. Competing demand for ever-tightening urban space can also be mitigated if the multipurpose design is introduced from the beginning and the use of the space is left open enough to allow adaptability. Large open spaces can provide an excellent opportunity for community-building around events and community-led initiatives. Removing the delineation between buildings and landscape will also help encourage a more fluid multipurpose space. Buildings and green space should not be separate but share the same ecosystem, sense of adaptability, resilience, and community as they share the same space [2]. Not only the user and purpose of the space should be considered but also its function. A wall or roof need not simply be a supporting structure but can also become part of the GI of the city, using greening to absorb pollution, or space for products or for encouraging wilding for biodiversity. Already, the direction in which building technology

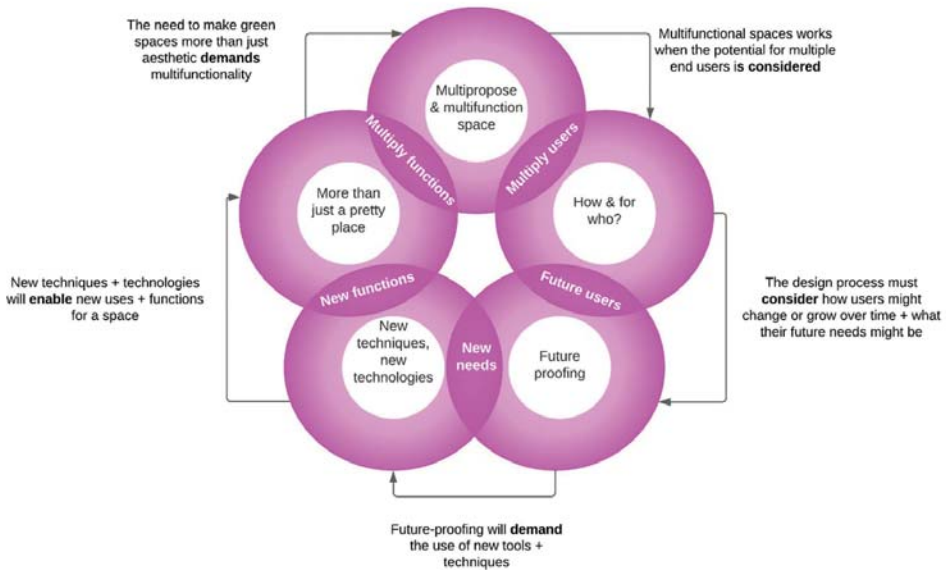


Figure 1. Strategy for the using green infrastructure for the adaptation to climate change [2]



is heading will make multifunctioning spaces the cheaper and more desirable option for both new builds and rebranding projects [2].

*How and for whom?* One way to demonstrate the essential role of GI would be in the implementation of more user-driven design processes. Potential users can be more than considered — they can be consulted directly. This process has already gone on to lead to great successes in landscape projects. Another worry of clients, developers, and governance is the cost of maintenance of green spaces as well as their inheritance. Again, by engaging community enthusiasm from the beginning of a project, there is an opportunity for involving them directly in the maintenance of an area that they feel belongs to them. The identity of the users themselves also needs to be considered. When taking into account the planned lifespan of a new development or rebranding, designers need to consider how the demographics and other makeups of the city will shift over time and whether the space will suit the changing user base in decades to come.

*Future changes.* Designers need to consider the shape and flavor of the future to come and the changes and challenges that it will bring. Ideally, the lifespan of projects should be infinite as the perfect project will be able to adapt, change and mitigate. In reality, this may be more difficult, but projects should still engage with strategic long-term thinking for the sake of security and prosperity. The city should be seen as an ecosystem, and where some parts are wasteful, thoughtful planning has the opportunity to act as GI — buffering and supporting the health of the city. A balanced and resilient ecosystem will last much longer than one based on irresponsible growth and short-term gains. To secure this future, designers again need to consider who will be using and maintaining their creations in decades to come. Another large part of future-proofing is adaptability. Spaces that are too fixed or concrete will struggle to change and grow as their users and the city around them change. Integration with the wider built environment, open planning and maintenance, and well-considered succession plans will help to mitigate this problem.

*New techniques and technologies.* Advances in technology using GPS, satellite imagery, and GIS amongst others, as well as the availability of more and more audited and public data provide a fantastic opportunity for planners and developers to utilize “big data” and model behaviors in the planning of a project. Although this is a tremendous boon and will provide valuable insights, it is important to remember more holistic techniques and ideas bred from experience. Technology also provides new ways for designers to hold dialogues about work through the utilization of 3D visualization and augmented reality. As well as designer-led approaches, there is a need to consider a more engaged and active community and the many positive benefits of bringing in users to a design process from the early stages. For GI-led design to be effective it needs new and evolving techniques applied through collaborative endeavors in both

research and professional practice. With an understanding and experience of natural processes, the landscape architect is ideally placed to provide leadership in developing cities that are alive [2].

*More than just a pretty place.* The urban environments of the city need to deliver more than a pleasant greening which may be employed as an afterthought to development. As outlined, the landscape can be used to enhance as well as perform vital infrastructure services that may otherwise require vastly more expensive, complex, and inefficient solutions. It also has significant and quantifiable benefits to the health, wealth, and wellbeing of citizens. The proper balance of function and aesthetics can make a space vital to the city and the community. The recognition of green space as infrastructure that is essential for sustaining viable and healthy environments for urban populations and city ecosystems should lead to new approaches in planning and design that bring nature and GI into a more central and influential design role [2].

#### **2.1.4. Green infrastructure and mitigation of the city heat island**

#### **2.1.4. Зелена інфраструктура та пом'якшення теплового острова міста**

Green infrastructure is an effective and socially appealing means to minimize heat accumulation in the urban environment. It maximizes cooling by vegetation and delivers numerous other environmental and social benefits, with significantly less energy use and greenhouse gas emissions than alternatives such as air conditioning.

EEA, 2020 has analyzed sources on the effectiveness of different types of nature-based solutions to reduce heat and found strong evidence that nature-based solutions are moderately and highly effective (Figure 2). The UIA project IGNITION has analyzed over 1000 sources and collected evidence for cooling for different types of nature-based solutions. Trees and greenspace appear to be particularly effective to cool outdoor air temperatures [7], but also green facades and green roofs are cool and protect materials and decrease indoor air temperatures (Table 3)

*Table 3*

**Reduction in temperature of different surfaces**

| Surface      | Reduction in temperature, ° C |                       |                     |
|--------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|
|              | Indoor air                    | Exterior wall/surface | Ambient outdoor air |
| Living wall  | 4.8                           | 1.0-3.0               | 0.5-4.1             |
| Green façade | 1.7-4.0                       | 0.4-7.1               | 1.0-3.0             |

|                      |         |           |                                       |
|----------------------|---------|-----------|---------------------------------------|
| Green roof extensive | 2.0-4.0 | 2.0-20.0  | 0.5-1.5                               |
| Green roof intensive | 0.3-4.0 | 7.0-22.0  | average 1.0, max 4.2                  |
| Trees                |         | 10.0-12.0 | 0.9-5.2 (globe temperature: 3.8-15.0) |
| Urban green space    |         |           | daytime: 0.5-7.0; nighttime: 1.2      |

Cooling by vegetation happens in two ways - by evapotranspiration and shading. The process of direct **evaporation** at the ground and on plant surfaces combined with transpiration, called evapotranspiration, cools the plants down – just as sweating cools humans’ skin. The leaves release water into the atmosphere which vaporizes and cools the surrounding air. The extent of this cooling effect depends on the type of vegetation and on how well it is thriving. Evapotranspiration can be greatly reduced if the growing conditions are poor. Trees also provide cooling by **shading**.

The actual heat reduction potential of green space and elements depends not only on the type of vegetation but also on their distribution and design. Open vegetation-covered areas at the edges of cities will deliver fresh air during the nighttime if ventilation corridors are not blocked. Vegetation that shades in surplus of cooling by evapotranspiration, like trees, provide humans more relief in outdoor environments than in grasslands. However, if standing densely or as a tunnel in streets, trees may block ventilation and hamper cooling.

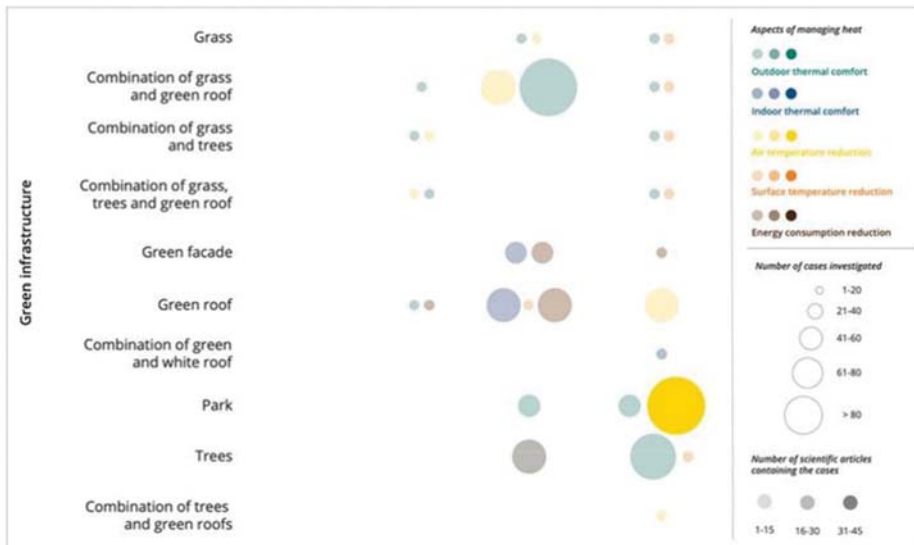


Figure 2. Effectiveness of different nature-based solutions to reduce heat [7]

Adaptation to the impacts of climate change with warming temperatures in cities requires re-thinking urban design, in particular the design of green urban spaces and green elements. General recommendations are [7]:

- On a city level a network of interconnected green spaces and green elements (City green infrastructure) should be maintained and developed further.

- In neighborhoods with minimal private outdoor spaces the presence and accessibility of public green spaces should be ensured (according to national regulations or (If it's possible) according to international recommendations).

- Detailed microclimatic analysis (i.e., the assessment of shadow or wind patterns) can help answer design questions, such as whether cooling is prioritized during day or night time, or whether cooling is desired within or outside buildings (this analysis is based on the special software).

- In a park, the green fraction should be preserved or increased on the wind side of the park (prevailing summer wind direction should be considered) and cold air corridors should be kept open, to improve thermal conditions within the park.

- In a park, gradients of open areas and shading elements should be developed, as edges between sun and shade are popular places for visitors in parks providing them opportunities to adapt to diverse thermal conditions. A ratio of 40% sun, 20% half shade, and 40% shade seems to be in line with the preferences of park visitors under various thermal conditions and at various times of the day.

- Flexible and multifunctional spaces should be created in parks to enable individual thermal adaptation.

- In streets with high solar radiation tree species with large canopies should be planted.

- In streets with heavy traffic, to avoid the 'tunnel effect', space should be created for wind circulation between tree canopies.

- In street canyons, a diversity of microclimates should be created with sunny and shaded areas so that pedestrians might select their preferred route for walking.

- In street canyons, the thermal perception of pedestrians can be improved when green elements are installed at various heights.



- Deciduous trees should be preferred for cooling as they can provide shade during summer and do not block radiation during winter.

- Species resistant to heat and drought should be used.

List several relevant recommendations on how to use green infrastructure to mitigate urban heat [5]:

- Areas with high exposure and vulnerability should be prioritized when designing green infrastructure interventions for cooling. Neighborhoods with a high proportion of elderly and very young citizens, or with large numbers of aged care facilities can be considered particularly vulnerable.

- Wide street canyons and narrow canyons with low buildings can be considered priority streets for cooling with greenery. The green cover should be maximized on the west-facing (east) side of the street, which is likely to become the hottest, as it is exposed to the afternoon sun.

- In street canyons ‘overhead’ vegetation canopy cover should be maximized (optimally tree canopies, or vine-covered archways). Broad, wide and short trees are particularly effective at shading sideways.

- Trees can trap heat under their foliage at night, therefore street trees should not form a continuous canopy to allow hot air to escape through the spaces between the plants.

- Urban green open spaces with primarily grassed areas and a relatively sparse or absent tree canopy, can provide ‘islands’ of cool in hot urban areas and can also lower the temperature of the surrounding landscape. Larger urban green open spaces should be located upwind of priority areas as they can effectively cool down areas downwind.

- Adequate water supply is essential for maximizing the cooling services of vegetation. This can be achieved through stormwater capture and storage, providing sufficient root space, and increasing the cover of permeable surfaces.

As apart from the pure amount of green space, the form and selected type of vegetation and its distribution across the city are also of importance for combating heat impacts, a strategy for providing relief from heat stress with the use of green space may have two major objectives:

- extending green space, trees, green roofs and facades and

- upgrading or redesigning existing greenspace in the quantity and form needed.

### 2.1.5. Green infrastructure and stream water management in the cities

#### 2.1.5. Зелена інфраструктура та управління водними потоками в містах

**Sustainable urban drainage technologies (SUDS) are methods and techniques that mimic natural ecosystems in discharging stormwater and start working immediately, where the rain falls.**

The main goal of the system is to collect rainwater and slow the flow rate to give water the opportunity for evaporation and absorption into the soil while purifying water from contamination.

Urbanization affects the permeability of the drainage area, increasing the amount of surface water runoff (figure 3).

Hard coatings reduce stormwater evaporation and infiltration possibilities. Situations, when the traditional piping system is unable to cope, may occur flood and rise the pollution risk.

Sustainable drainage is a departure from the traditional approach to draining sites. Some key principles influence the planning and design process enabling SUDS to mimic natural drainage by:

- storing runoff and releasing it slowly;

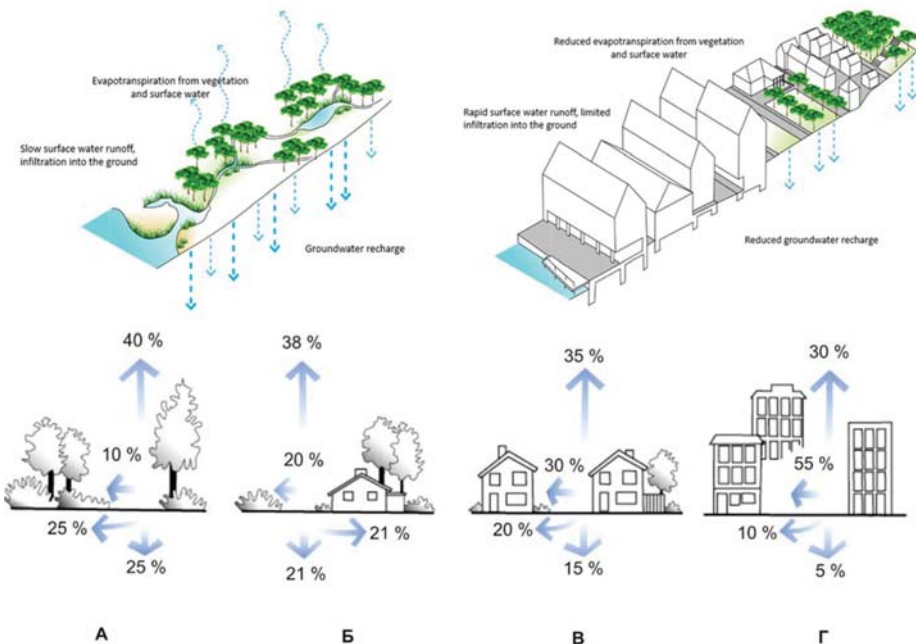


Figure 3. Modification in the urban runoff stock

- allowing water to soak into the ground;
- controlling the flow of the water;
- allowing sediments to settle out;
- slowly transporting (conveying) water on the surface;
- filtering out pollutants.

When designing SUDS, preference should be given to solutions, in which the precipitation is processed at the place of its appearance since in this case, the amount of runoff and its pollution is rapidly reduced. It is recommended to catch the significant part of the runoff with the small elements (working as a relatively autonomous system from each other), providing the overflow of rainwater from one element into the other only in the cases of heavy rains. Should be avoided the pipeline sections leading water to wetlands or other natural reservoirs directly. As a rule, SUDS includes several types of elements - rain gardens, ditches, ponds, etc. Sustainable drainage includes a variety of components, each having different approaches to managing flows, volumes, water quality, and providing amenity and biodiversity benefits. Elements work in different ways.

### **Green roofs**

In the case of green roofs are spoken mostly about two different types: intensive and extensive green roofs.

*Intensive green roofs* have a thicker layer of topsoil, which can grow a variety of plants, including the smaller trees and shrubs (fig. 4)

*Extensive green roofs* are thinner and lighter (about 15 cm or less). In most cases, it is smart to use local drought-resistant and low-growing species (fig. 5)



Figure 4. Intensive green roof



Figure 5. Extensive green roof

Increased use of green roofs allows a city to save on energy costs, improve the quality of urban life and bring wider benefits to the environment. Green roofs are designed for collecting increased stormwater runoff and thereby reducing its volume and the risk of erosion. The advantages and disadvantages of green roofs are presented in table 4.

Table 4

## Advantages and disadvantages of green roof

| Advantages (+)  | Disadvantages (-)  |
|---|--|
| Good removal capability of atmospherically deposited urban pollutants | Opportunities for retrofitting may be limited by roof structure (strength, pitch, etc)   |
| Can be applied in high-density developments                           | Cost (compared to conventional roof)   |
| No additional land was taken for construction                         | Not appropriate for steep roofs  |
| Improve air quality   | Maintenance of roof vegetation   |
| Can be retrofitted (reliant on on-site specifics)                     | Any subsequent damage to the waterproof membrane is likely to be more critical since water is encouraged to remain on the roof |
| Reduces the expansion and contraction of roof membranes               |  |
| Reduction of energy costs for house owners                            |  |
| Ecological, aesthetic, and amenity benefits                           |  |
| Vegetable cultivation option  |  |

The main features and performance indicators of green roofs could be found in table 5.

Table 5

## The outcome from performance indicators of green roofs

|   |  |
|---|--|
| WHERE COMPONENT CAN BE USED?<br>Residential buildings: <u>YES</u><br>Commercial/industrial buildings: <u>YES</u><br>High density built environment: <u>YES</u><br>Retrofit of the built environment: <u>YES</u><br>Contaminated sites: <u>YES</u><br>Sites above vulnerable groundwater: <u>YES</u> | PERFORMANCE<br>Peak flow reduction: <u>MEDIUM</u><br>Volume reduction: <u>MEDIUM</u><br>Water quality treatment: <u>GOOD</u><br>Amenity potential: <u>GOOD</u><br>Ecology potential: <u>GOOD</u> |
|---|--|



When designing the green roof, you need to consider the next points:

1. The main problem with green roofs is slipping.
2. There is no sense to build the green roof without additional stabilization on the roof with the angle of 2: 12 (equivalent to about 9.5°, or 17%).
3. When designing, be sure to take into account the risk of fire.
4. The soil is kept together by the root system of plants.
5. Green roofs have to be long-lasting history.

Most important is that the green roof fulfills all the expectations: solves the problem of stormwater, cooling the building and its surroundings, creates habitats and provides food for pollinators, is attractive to the public, etc.

Maintenance of green roofs includes (1) irrigation (which is needed during the establishment of vegetation for some roofs); (2) inspection for bare patches and replacement of plants is required regularly; (3) litter removal may be required (depending on the setting and use). Examples of use and maintenance of green roofs you could find in fig. 6.

### **Rainwater harvesting**

Rainwater harvesting and recycling solutions pay for themselves in situations where the rainwater passing opportunities are limited, directing stormwater to the piping are taxed (or has implemented tariff), and where there is a need for technical use (mainly for irrigation). Should be remembered that the harvesting and reuse of rainwater can not be the only solution in the chain because storage facilities are filled with stormwater within minutes, but it takes a longer time to empty them. Examples of rain harvesting you could find in fig.7.



Figure 6. Green roof in the built environment



Figure 7. Tanks for rain harvesting

Table 6

## Advantages and disadvantages of rainwater harvesting

| Advantages (+)   | Disadvantages (-)  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>+ With careful design, can provide source control of stormwater runoff</li> <li>+ Can be applied in high-density developments</li> <li>+ Reduces demand for freshwater</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Systems can be complex and costly to install</li> <li>- Above-ground tanks can be unsightly</li> <li>- Potential requirement for pumping</li> </ul> |

Before harvesting, you have to first find out where it will be used later, then you should know how much water you can collect. For example, rainwater can be used for irrigation during the summer, or car washing and toilet flushing. A car washing requires an average of 200 liters of water, one watering of plants requires about 5-20 liters of water per 1 m<sup>2</sup>, and a toilet flush requires about 10 liters of water per single-use. In general, the size of the tank would be enough for one week or one month for entire households' needs. The advantages and disadvantages of rain harvesting are presented in table 6. The main features and performance indicators of rain harvesting could be found in table 7.

Maintenance of rain harvesting tanks includes inspection and cleaning of collection systems, filters, throttles and valves, and pumps.

Table 7

The outcome from performance indicators of rain harvesting

| WHERE COMPONENT CAN BE USED?                         | PERFORMANCE  |
|--|--|
| Residential buildings: <b>YES</b>                    | Peak flow reduction: <b>HIGH</b> (depends on design) |
| Commercial/industrial buildings: <b>YES</b>          | Volume reduction: <b>HIGH</b> (depends on design)    |
| High density built environment: <b>YES</b>           | Water quality treatment: <b>POOR</b>                 |
| <i>Retrofit of the built environment:</i> <b>YES</b> | Amenity potential: <b>POOR</b>                       |
| Contaminated sites: <b>YES</b>                       | Ecology potential: <b>POOR</b>                       |
| Sites above vulnerable groundwater: <b>YES</b>       |  |

### Swales and conveyance channels

Ditches, swales, and drains are used for collection and surface water conveyance, water filtration as well as water storage, depending on the physical dimensions. Water velocity in ditches, swales, and drains is lower than that of the sewer and is typically between 0.1 and 0.5 m/s and should not exceed 1 m/s to avoid erosion. Ditches and swales are similar by design. Only depth and shape distinguish ditches from swales. A ditch is an excavation of a certain (mainly trapezoid) form that is at least 0.5 m deep, shallower ones are called swales, which typically have trapezoid or oval shape. Drains are typically even smaller water conveyance structures of rectangular or oval shape and are normally constructed with hard materials: concrete, asphalt, blocks, boulders, etc. Drains are more widespread in dense urban areas where hard surfaces are prevalent.

Ditches/swales/drains are typically designed as straight sections but where space allows can be built with artificial meanders mimicking a natural water course. Also, plants and rocks can be added to enhance visual attractiveness, reduce the velocity of water and provide more filtration. Banks of ditches and swales are usually grass-covered and need to be regularly mowed. If ditches are to be planted with greenery, then it is necessary to study which types of plants grow best, choosing humidity-loving species that are easy to weed out and that treat the ditch water from pollution.

Ditches, swales, and drains are one of SUDS' management practices, which serve for removing pollutants from stormwater by utilizing soil and plants based on physical, chemical, and biological particularities and processes.



Figure 8. Infiltration/recharge swale

**Infiltration/recharge swale** (fig.8) contains no underdrain, therefore is recommended for the areas where runoff contains a low or moderate level of contamination (living areas, roads with low traffic load, etc.).

The native soils should contain a high infiltration rate. The infiltration rate shouldn't be lower than 1,32 cm/h, the optimal soil infiltration rate is ca. 2,5 cm/h. The total depth of all infiltration layers in swale should be not less than 0.75-0.8 m. Planting soil should contain ca. 40-60% sand, 20-30% topsoil, and 20-30% leaf compost. No geotextile layer should be between the planting soil layer and existing soil. The upper level – the organic layer – should be constructed from the fresh mulch, proper maintenance of this layer enhance the infiltration capacity of the swale.

**Filtration/partial recharge swale** (fig. 9) is suitable for areas where runoff is polluted mainly by nutrients and metals.

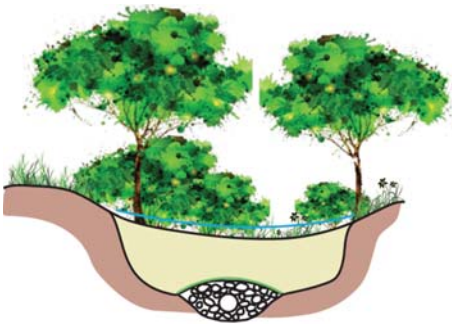


Figure 9. Filtration/partial recharge swale

This swale type contains underdrain, therefore the swale allows partial recharge of the groundwater. The total depth of the swale is about 0.75-0.8 m, similar to the previous type. The filter fabric should separate planting soil layer from the gravel layer around the underdrain discharge pipe, the filter layer doesn't have to be laid around the gravel layer. Important for this type of swale is also choosing the quality mulch for the top layer in order to ensure proper treatment of the anticipated pollution amount.



**The infiltration/filtration/recharge swale type** (fig.10) is more suited to areas where there may be higher nutrient pollution, typically in residential areas.

The design of this swale type incorporates the gravel layer under the raised underdrain pipe. This gravel layer enables aerobic/anaerobic fluctuation zone, which enables denitrification. This type of swale also provides the runoff recharge within the gravel pillow under the underdrain pipe. The gravel layer serves also as a water storage area. In addition, this design enhances the quantity control points in this zone. Filter fabric is laid between plant soil and the gravel layers; no filter fabric should be used on the swale walls and around the pipe.

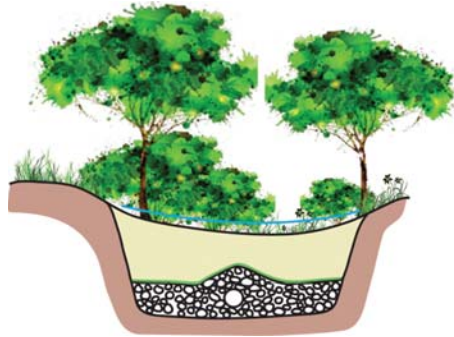


Figure 10. Infiltration/filtration/recharge swale

**Filtration-only type of swale** (fig.11) is recommended with the runoff with high loads of pollution, such as traffic areas, gas stations, car parks, etc.

This type of swale differs from the previous type by the impervious liner laid between the facility walls and the in situ soil, to avoid infiltration. Only the filtration process through the different surface layers enables the treatment function. Such design provides the possibility of runoff quality control

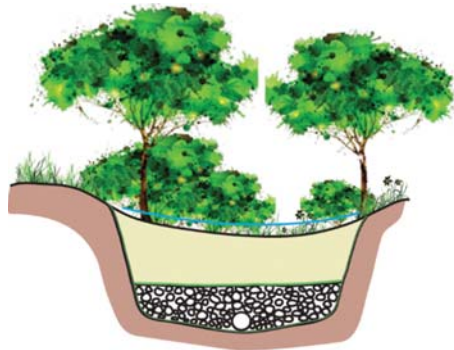


Figure 11. Filtration only type of swale

The advantages and disadvantages of ditches/swales/drains are presented in table 8. The main features and performance indicators of ditches/swales/drains could be found in table 9.

Table 8

## Advantages and disadvantages of swales

| Advantages (+)  | Disadvantages (-)  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Easy to incorporate into landscaping</li> <li>+ Good removal of urban pollutants</li> <li>+ Reduces runoff rates and volumes</li> <li>+ Maintenance can be incorporated into general landscape management</li> <li>+ Pollution and blockages are visible and easily dealt with</li> <li>+ Decreased need for deep excavation which could reduce the construction cost</li> <li>+ Among other things, the region will turn greener and provides shelter from the wind and noise</li> <li>+ Makes the area biologically diverse</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Not suitable for steep areas or areas with roadside parking</li> <li>- Limited opportunities to use trees for landscaping</li> <li>- Risks of blockages in connecting pipework</li> <li>- Not suitable for areas where the groundwater level is higher than 1.8 m below ground</li> <li>- Small-scale, suitable as the local measure</li> </ul> |

Table 9

## The outcome from performance indicators

|  |   |
|--|---|
| <p>WHERE COMPONENT CAN BE USED?</p> <p>Residential areas: <b>YES</b></p> <p>Commercial/industrial areas: <b>YES</b></p> <p>High density built areas: <b>LIMITED</b> (depends on design)</p> <p>Retrofit of the built environment: <b>LIMITED</b> (depends on design)</p> <p>Contaminated sites: <b>YES</b> (with liner)</p> <p>Sites above vulnerable groundwater: <b>YES</b> (with liner)</p> | <p>PERFORMANCE</p> <p>Peak flow reduction: <b>MEDIUM</b></p> <p>Volume reduction: <b>MEDIUM</b></p> <p>Water quality treatment: <b>GOOD</b></p> <p>Amenity potential: <b>MEDIUM/ GOOD</b></p> <p>Ecology potential: <b>MEDIUM</b></p> |
|--|---|

Typical design of swale incorporates grass filter strip, ponding area, which contains on the organic layer (mulch), planting soil layer and sand or/and gravel layer with or without underdrain pipe. By international experience, swales are typically designed 0.3 to 0.4 m in the depth, and the inclination is 1:2 to 1:3. The infiltration rate of the planting soil layer should be at least 1.25 cm/h, with the pH in the range of 5.5 to 6.5. Ventilation and drainage in the soil are ensured by filter layers. The thickness of each should be about 0.5 m. Plants should be selected from native species that can withstand the humid and polluted environment. After planting, the plants should be covered by a layer of organic mulch. The organic layer is about 5 to 7.5 cm thick.

The maintenance of ditches/swales/drains is similar to the maintenance routine of any green area. The maintenance process consists following activities:



1. Inspection of plants every half a year. Dead plants and plants in bed condition should be removed and replaced.
2. Weeding. The unwanted spontaneous vegetation should be periodically removed.
3. Mulching. Mulch should be replaced in places affected by erosion or where the mulch layer has lost its functional and aesthetical qualities.
4. Watering during the dry periods.
5. Occasional pruning is a part of the tree and shrub maintenance plan.
6. Litter removal.
7. Clogging problems might be solved by removing the mulch layer and raking the planting soil layer. The clogging problem of the filter fabric can be corrected by puncturing the fabric.

Ditches/swales/drains have some limitations in the design and use:

- ✓ Swale is not suitable for the areas with groundwater levels within 1.2 m below the ground.
- ✓ Areas, situated on slopes greater than 20 % are not suitable for ditches/swales/drains.
- ✓ Native soils with infiltration capacity below 1.25 cm/h are not suitable for ditches/swales/drains.
- ✓ Constructing the swale in the area with mature trees may be problematic, since the trees must be removed from the place of swale/drains.

Ditches/swales/drains in spatial planning and landscape design are represented in fig. 12.



Figure 12. Ditches, swells, and drains in landscape design

## Bioretention areas

Bioretention areas are shallow landscaped depressions that are typically under-drained and rely on engineered soils, enhanced vegetation, and filtration to remove pollution and reduce runoff downstream (fig. 13). They are aimed at managing and treating runoff from frequent rainfall events.



Figure 13. Bioretention areas in the cities

The advantages and disadvantages of the bioretention area are presented in table 10. The main features and performance indicators of bioretention area could be found in table 11.

Table 10

### Advantages and disadvantages of bioretention area

| Advantages (+)   | Disadvantages (-)   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Can be planned as landscaping features</li> <li>+ Can reduce volume and rate of runoff</li> <li>+ Very effective in removing urban pollutants</li> <li>+ Good retrofit capability</li> <li>+ Flexible layout to fit into the landscape</li> <li>+ Well-suited for installation in highly impervious areas, provided the system is well-engineered and adequate space is made available</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Susceptible to clogging if the surrounding landscape is not managed</li> <li>- Not suitable for areas with steep slope</li> <li>- Requires landscaping and management</li> </ul> |

Table 11

### Outcome from performance indicators of bioretention area

|  |   |
|--|---|
| WHERE COMPONENT CAN BE USED?<br>Residential areas: <b>YES</b><br>Commercial/industrial areas: <b>YES</b><br>High density built areas: <b>NO</b><br>Retrofit of the built environment: <b>YES</b><br>Contaminated sites: <b>YES</b><br>Sites above vulnerable groundwater: <b>YES</b> | PERFORMANCE<br>Peak flow reduction: <b>MEDIUM</b><br>Volume reduction: <b>MEDIUM</b> (High with infiltration)<br>Water quality treatment: <b>GOOD</b><br>Amenity potential: <b>GOOD</b><br>Ecology potential: <b>MEDIUM</b> |
|--|---|

Maintenance of bioretention areas includes next operations: (1) regular inspection for signs of blockage; (2) removal of debris/sediment; (3) replacing



the layer of mulch; (4) removal and cleaning or replacement of the stone; (5) vegetation management, regular mowing; (6) repair eroded or damaged areas.

### Rain garden

Rain gardens are relatively small depressions in the ground that can act as infiltration points for roof water and other ‘clean’ surface water (fig. 14). Water that is low in contamination levels. Rain gardens are most likely to be implemented on private property close to buildings. For roof water to reach a rain garden, property downpipes are often disconnected from the drainage system and redirected. Rain gardens should be planted up with native vegetation that is happy with occasional flooding.

The operating principles of the rain gardens are represented in fig.15. The advantages and disadvantages of the rain gardens are presented in table 12.

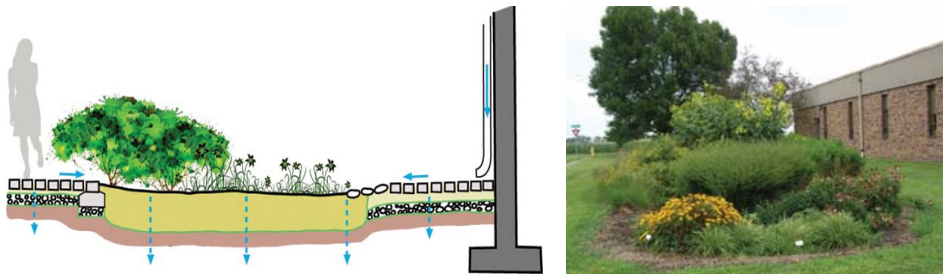


Figure 14. Rain garden

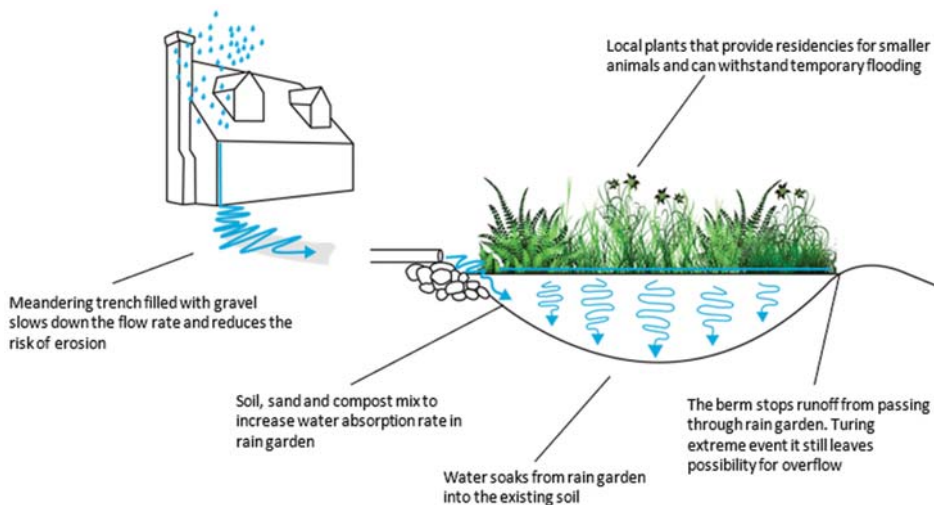


Figure 15. Operating principles of a rain garden



Table 12

Advantages and disadvantages of the rain gardens

| Advantages (+)   | Disadvantages (-)  |
|--|--|
| + Minimal land take<br>+ Can be installed in impervious areas if designed correctly<br>+ Attractive features that can help to improve open space<br>+ Flexible layout to fit into the landscape<br>+ Easy to maintain<br>+ Can reduce the rate of runoff and some volume reduction<br>+ Can be planned as landscaping features | - As they are often small, their impact on volume reduction can be limited<br>- Requires landscaping and management<br>- Susceptible to clogging if the surrounding landscape is not managed<br>- Not suitable for areas with steep slopes |

Table 13

The outcome from performance indicators of the rain gardens

|   |  |
|---|--|
| WHERE COMPONENT CAN BE USED?<br>Residential areas: <b>YES</b><br>Commercial/industrial areas: <b>YES</b><br>High density built areas: <b>YES</b><br>Retrofit of the built environment: <b>YES</b><br>Contaminated sites: <b>NO</b><br>Sites above vulnerable groundwater: <b>NO</b> | PERFORMANCE<br>Peak flow reduction: <b>GOOD</b><br>Volume reduction: <b>MEDIUM</b><br>Water quality treatment: <b>MEDIUM</b><br>Amenity potential: <b>GOOD</b><br>Ecology potential: <b>GOOD</b> |
|---|--|

**Retention pond**

Retention ponds are open areas of shallow water, designed so they can accommodate rainfall and provide temporary storage for excess water (fig. 16). The retention pond attenuates the flow rate of runoff and cleans it. In addition, they support underwater and shoreline vegetation spreading. Plants are used as a filter to remove pollution from runoff. The water level rises temporarily when it rains, but there is always a permanent pool of water. They are similar to wetlands, but they are more useful for storing excess water. The design of retention ponds permanently storing water is what differentiates them from detention basins.



Figure 16. Retention pond



The advantages and disadvantages of the retention ponds are presented in table 14. The main features and performance indicators of retention ponds could be found in table 15.

Table 14

Advantages and disadvantages of the retention ponds

| Advantages (+)   | Disadvantages (-)   |
|--|---|
| + Good removal capability of urban pollutants<br>+ Add value to local properties<br>+ High potential ecological, aesthetic, and amenity benefits<br>+ Good community acceptability | - Land take may limit use in high-density sites<br>- May not be suitable for steep sites, due to the requirement for high embankments<br>- Colonisation by invasive species could increase maintenance<br>- Perceived health & safety risks may result in fencing and isolation of the pond |

Table 15

The outcome from performance indicators of the retention ponds

|   |   |
|---|---|
| WHERE COMPONENT CAN BE USED?<br>Residential areas: <b><u>YES</u></b><br>Commercial/industrial areas: <b><u>YES</u></b><br>High density built environment: <b><u>UNLIKELY</u></b><br>Retrofit of the built environment: <b><u>UNLIKELY</u></b><br>Contaminated sites: <b><u>YES</u></b> (with liner)<br>Sites above vulnerable groundwater: <b><u>YES</u></b> (with liner) | PERFORMANCE<br>Peak flow reduction: <b><u>GOOD</u></b><br>Volume reduction: <b><u>POOR</u></b><br>Water quality treatment: <b><u>GOOD</u></b><br>Amenity potential: <b><u>GOOD</u></b><br>Ecology potential: <b><u>GOOD</u></b> |
|---|---|

*Maintenance* of the retention ponds includes (1) litter/debris removal; (2) inlet/outlet cleaning, (3) vegetation management; (4) sediment monitoring and removal when required; (5) regular control of blockage.

Ponds control flow rates by storing floodwater and releasing it slowly once the risk of flooding has passed. The stored water will change the water level, and ponds should be designed to function in both dry and wet weather. Quantity can also be influenced by the amount of water that can be allowed to infiltrate into the ground if there is no risk to groundwater quality. Ponds treat runoff in a variety of ways: settlement of solids in still water; adsorption by aquatic vegetation or biological activity. Ponds offer many opportunities for landscape designers. Permanently wet ponds can be used to store water for reuse, and offer excellent opportunities for the provision of wildlife habitats. Ponds can be part of public open space.

### Constructed wetlands

Wetlands provide both stormwater attenuation and treatment. They comprise shallow ponds and marshy areas, covered almost entirely in

aquatic vegetation (fig. 17). Wetlands detain flows for an extended period to allow sediments to settle and to remove contaminants by sticking to vegetation and aerobic decomposition.

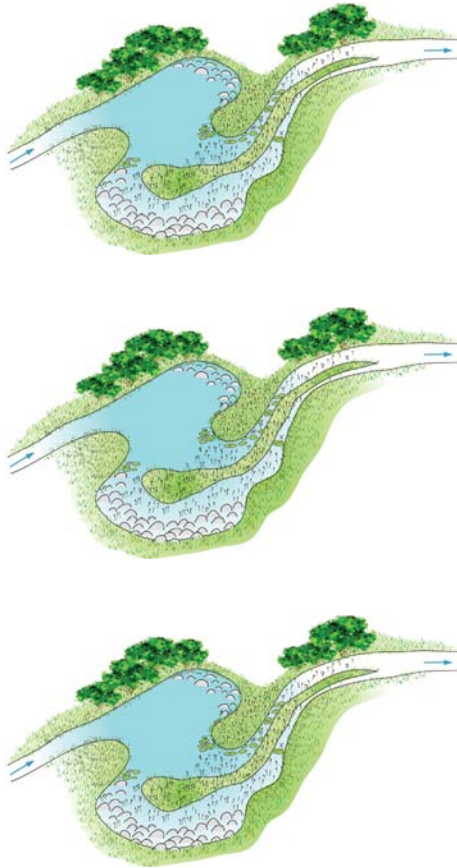


Figure 17. Constructed wetlands

Constructed wetlands are technologies that use artificial wetland ecosystems to purify wastewater. Wetlands are densely vegetated water bodies that use sedimentation and filtration to provide treatment of surface water runoff. The purification is carried out by physicochemical and biological processes like sedimentation, settling, and microbial decomposition. They are natural systems that tolerate the fluctuation of hydraulic and pollution load, therefore they are very good solutions for treating stormwater (highly polluted stormwater).

Wetlands generally consist of an inlet zone, a macrophyte zone, which is a shallow, densely vegetated area, and a high flow bypass channel, which is typically a wide vegetated swale from the inlet pond around the side of the wetland. Where ever possible wetlands should be the last element in the chain of SuDS. They need a good supply of oxygen which means the permanent water must be shallow enough so that oxygen can reach the bottom of the wetland. Wetlands with a suitable design and size are suitable for the urban environment.

There are two types of wetlands:

(1) *Free water surface constructed wetlands* are shallow ponds covered by different types of water plants that support the purification processes. The main purification is performed by microorganisms bound to the leaves and stems of plants forming biofilm, but also by microorganisms in the open water. The tighter the plant cover the better the filtering effect of constructed wetlands and the more effective is the purification of water. In cold climate areas, it has been found that the most effective plants are cattail (*Typha latifolia*) and reed (*Phragmites australis*). This kind of constructed



wetlands is better applicable for treating less polluted stormwater, coming from the residential areas. Usually, constructed wetlands are about 30 cm deep, in deeper water the growth of water plants is limited (fig.18). Because constructed wetlands require rather large areas, they are constructed without protecting liner, therefore they can be designed in areas with water-resistant surfaces, like clay. In a cold climate, the systems should be designed with the option to raise the water table, while in winter the constructed wetlands can have ice cover. Under the ice cover the purification processes are still going on but they are slower, therefore in cold climate regions, the volume of water and the area of constructed wetlands should be bigger than in warmer areas.

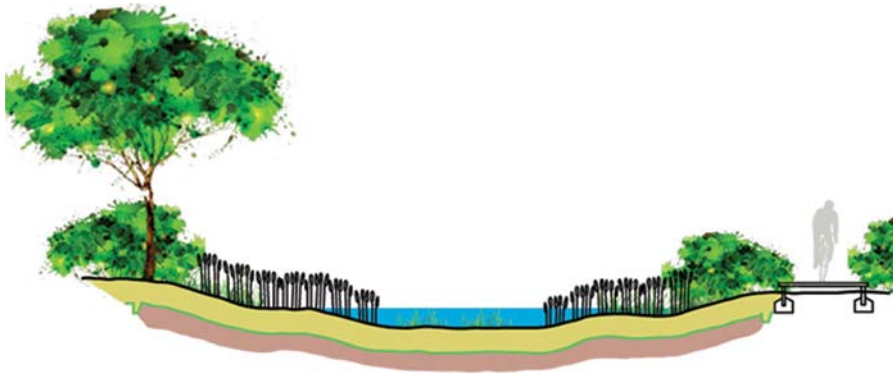


Figure 18. Design of the constructed wetlands

(2) *Subsurface flow constructed wetlands* are about 1 m deep, protected from other surfaces by plastic liner, filled by filter media (sand, gravel, etc.), and covered by macrophytes, usually by reed (*Phragmites australis*). The dense root system of the reed creates a favorite environment for microorganisms that perform the purification of water including during the winter period. The system has better purification efficiency of heavy organic compounds like oil and better efficiency during winter, therefore these systems are useful for treating runoff from parking plots, and highways, and also for cleaning melting snow collected in the urban areas during the winter. The infiltration of water can take place horizontally or vertically. In the case of purifying stormwater, the horizontal subsurface flow constructed wetlands could be preferred.

Constructed wetlands in the landscape design are represented in fig. 19. Maintenance of the constructed wetlands includes (1) litter/trash/debris removal; (2) inlet/outlet cleaning; (3) vegetation management to retain high vegetation coverage, possibly requiring specialist equipment; (4) sediment monitoring and removal when required. The advantages and disadvantages of the constructed wetlands are presented in table 16. The main features and performance indicators of constructed wetlands could be found in table 17.



Figure 19. Constructed wetlands in the landscape design

Table 16

Advantages and disadvantages of constructed wetlands

| Advantages (+)   | Disadvantages (-)  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>+ The systems perform very well also with the fluctuating water flow and pollution load that is the typical case for stormwater and problem for conventional purification systems</li> <li>+ In free water systems the purification efficiency is satisfactory in the case of organic matter and nitrogen</li> <li>+ The subsurface flow systems have addition also good phosphorus and heavy organic compounds removal</li> <li>+ They can be built in big part by local resources and have low maintenance costs</li> <li>+ The systems look natural, can increase the bio- and landscape diversity, and can be used as part of the landscaping of the area</li> <li>+ CW-s use natural processes and perform as ecosystems, they have low energy consumption and they are the most ecological solutions for water purification</li> <li>+ CW-s generally have lower maintenance costs</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CW-s need a large area</li> <li>- The purification process is not very well controlled and takes a long time</li> <li>- The systems are sensitive to overloading, especially in cold climate areas</li> <li>- In case of overloading and false maintenance they may become the source of secondary pollution</li> <li>- Invasive species may increase the need for maintenance</li> <li>- Not suitable for steep slope areas</li> </ul> |

Table 17

The outcome from performance indicators

|  |   |
|--|---|
| <p>WHERE COMPONENT CAN BE USED?</p> <p>Residential areas: <b>YES</b></p> <p>Commercial/industrial areas: <b>YES</b></p> <p>High density built environment: <b>UNLIKELY</b></p> <p>Retrofit of the built environment: <b>UNLIKELY</b></p> <p>Contaminated sites: <b>YES</b> (with liner)</p> <p>Sites above vulnerable groundwater: <b>YES</b> (with liner)</p> | <p>PERFORMANCE</p> <p>Peak flow reduction: <b>GOOD</b></p> <p>Volume reduction: <b>POOR</b></p> <p>Water quality treatment: <b>GOOD</b></p> <p>Amenity potential: <b>GOOD</b></p> <p>Ecology potential: <b>GOOD</b></p> |
|--|---|



## SuDS and planning

By its very nature, spatial planning has a considerable influence on the quality of spaces and places where we live, work, and play. Planning policy guides local authorities and developers on what can be built and where. Like all infrastructure, SuDS must also be planned very carefully and this should be done at an early stage because then it is easier to find an appropriate and effective solution. By introducing a SUDS at the beginning of the project and thinking about the elements of the system ready for the sequence, we ensure that they do not remain secondary. Ideally, SUDS design should create the conditions associated with the drainage quantity, quality, biodiversity enhancement, and attractiveness. Good SuDS planning and design begin with an understanding of both the site opportunities and constraints. The best outcomes are secured through proactive and partnership working with early, pre-application discussions between developers, local authorities, and other relevant stakeholders like the appropriate regulators. To achieve the best results it is recommended to take the following as a base of the design:

**The amount of water** (hydraulics, flooding, drainage, etc.): people and property must be protected from floods, including the local water bodies, drainage systems, and plots. Development must not increase flood risk in the catchment area. Volume and flow rate must remain as planned, exceeding has to be planned as well.

**Water quality** (purification, drainage, etc.): the risk of contamination has to be reduced by the primary elements and SUDS must contain the required number of runoff quality improving elements. Adequate retention time should be provided by the design to give runoff time to purify.

**Attractiveness and biodiversity:** SUDSs affect the value of the landscape by creating green spaces, integrating aquatic plants around an artificial environment, and enhancing biodiversity in urban space. Design must pay attention to safety and the healthiness. SuDS elements must have low slopes, shores of ponds must fall in steps and access need to be created by the planting. Attractiveness and biodiversity depend on the SuDS element's efficiency in reducing the volume and purification.

Planners and designers should strive to understand the following aspects of designing SuDS:

- What are the objectives of the developer? What is the context? How big is the area? What is the specific nature of the area?
- What is the water permeable and non-permeable surface area ratio?
- How big is the catchment area?
- What is the soil type of the area?

- How does the local government see the use of the area and whether there are any restrictions or demands imposed?
- How development could support the design of SuDS?
- How can SuDS enhance biological diversity?
- How polluted is the runoff in the area?
- How to ensure the long-term maintenance of SuDS?

### ***2.1.6. Green infrastructure and conservation of the biodiversity***

### ***2.1.6. Зелена інфраструктура та збереження біорізноманіття***

Biodiversity should always be a premium concern for the urban environment. Not only is the future of the planet threatened by the city that grows while taking from nature without giving anything back, but biodiversity is a great indicator of the ideology of development. It can be a gateway to other green techniques and technologies that can help to sustain the urban ecosystem as a whole. Biodiversity is vital to a healthy urban environment, and it can also provide a boon to the economics and resources of the city, providing tourist attractions or sources of revenue as well as making the environment of the city feel more alive and fulfilling for citizens [2].

Different types of urban greening have different values for biodiversity conservation. London municipality developed an Urban Greening Factor (UGF) tool to evaluate the amount and quality of urban greening provided by a development proposal. The UGF enables planning authorities and developers to have informed discussions about the appropriate level of green infrastructure that should be provided to deliver locally relevant outcomes, such as climate resilience or active travel, benchmarked against target scores for different types of development. However, the UGF is not a tool to measure the biodiversity benefits of greening proposals, and not all urban greening may be inherently good for wildlife. Ecologically informed and inspired design is needed to ensure new urban greening provides functioning habitats where biodiversity can exist alongside development preferably by augmenting existing habitats nearby [7].

Table 18 shows which UGF surface cover types have the greatest potential to be designed to achieve net gains for biodiversity. The Biodiversity Potential category describes the typical ecological value of the urban greening feature if it is designed with wildlife in mind. The actual biodiversity benefits achieved will depend on a range of factors including how well the design accommodates local biodiversity conservation priorities and responds to the local landscape,



the quality of installation, and how it will be managed and used through the life of the development.

*Table 18*

Urban Greening Factor design consideration [7]

| Surface Cover Types  | Factor | Biodiversity potential | Design considerations  |
|--|--------|------------------------|--|
| Semi-natural vegetation (e.g. trees, woodland, species-rich grassland) maintained or established on site   | 1      | High to very high      | Larger schemes should create new areas of priority habitat that relate to the immediate area   |
| Wetland or open water (semi-natural; not chlorinated) maintained or established on site  | 1      | High to very high      | Can form part of a wider SuDS scheme and create new areas of priority habitat  |
| Intensive green roof or vegetation over structure. Substrate minimum settled depth of 150mm  | 0.8    | Moderate to high       | Provide for birds and their young by including native trees and shrubs and groups to create the dense cover. Avoid chemical treatments or removal of decaying matter   |
| Standard trees planted in connected tree pits with a minimum soil volume equivalent to at least two-thirds of the projected canopy area of the mature tree | 0.8    | Low to moderate        | Choose species of known wildlife value. Avoid up-lighting and place new trees to enhance bat flight-lines  |
| Extensive green roof with a substrate of minimum settled depth of 80mm (or 60mm beneath vegetation blanket)  | 0.7    | Moderate to high       | Create roofs that mimic flower-rich priority habitats  |
| Flower-rich perennial planting   | 0.7    | Moderate               | Choose pollinator-friendly species. Maintenance needs to retain dead wood and leaf litter to keep habitat for other invertebrates and attract birds  |
| Rain gardens and other vegetated sustainable drainage elements   | 0.7    | Moderate               | Ecological design can create valuable habitat as a secondary benefit   |
| Hedges (line of mature shrubs one or two shrubs wide)  | 0.6    | Moderate               | Hedges of native species are more beneficial for pollinators and other invertebrates, as well as providing shelter and foraging resources for birds. Create an ecotone with adjacent grassland or woody vegetation |
| Standard trees planted in pits with soil volumes less than two-thirds of the projected canopy area of the mature tree                                      | 0.6    | Moderate to low        | Choose species of known wildlife value. Avoid up-lighting and place new trees to enhance bat flight-lines  |



|  |     |                   |  |
|--|-----|-------------------|--|
| Green wall –modular system or climbers rooted in the soil      | 0.6 | Moderate to low   | Can provide nesting or roosting sites and pollinator-friendly planting in urban environments dominated by hard-surfaces                      |
| Ground cover planting  | 0.5 | Low               | Choosing plant species and/or cultivars of known wildlife value can provide some seasonal biodiversity benefit                               |
| Amenity grassland (species-poor, regularly mown lawn)          | 0.4 | Low               | Value for invertebrates can be increased by the addition of wildflowers tolerant of regular mowing in lawn turf                              |
| Extensive green roof of sedum mat or other lightweight systems | 0.3 | Low               | Sedums are of value to some pollinators when in flower. Benefit other invertebrates by incorporating log piles, soil mounds, and plug plants |
| Water features (chlorinated) or unplanted detention basins     | 0.2 | Low to negligible | Use Sustainable Drainage Systems for wildlife-friendly alternative design options  |
| Permeable paving   | 0.1 | Negligible        | Minimize where possible  |
| Sealed surfaces  | 0   | Negligible        | Minimize where possible  |

### *Principles of city planning for biodiversity conservation*

For landscape designs to translate into successful schemes for wildlife there are several key principles to remember:

- Think about green infrastructure at the earliest opportunity in the design process. Making space for nature is an opportunity to achieve a wide range of policy objectives rather than a design constraint.
- Set out a mosaic of interconnected habitats early in the master planning process. Habitats can be created at every level and surface incorporating shrubs, trees, grassland, and freshwater. More actively used spaces, such as areas for food-growing or play, can be planned to contribute to the habitat network too.
- Carefully consider the local conditions such as wind, groundwater, aspect, light, soil substrate, and soil depth. Take into account that tall buildings and high-density development can create especially harsh micro-climatic conditions for plants and other wildlife.

- Select and locate designed plant communities for their optimum traits (e.g. drought tolerance or ability to thrive in low nutrient soils) to reduce the need for irrigation, energy input, and intensive management to establish a functional and climate-resilient landscape.

- Take reference from natural systems in form and pattern when developing planting designs i.e. where plants exist as groups of compatible, adaptable species that interact with each other and the site. Plants should be seen as forming part of a habitat type rather than creating solely garden or ornamental features.

The planning process requires developments to deliver on a wide range of policy objectives. Integrating these effectively necessitates the bringing together of technical expertise from many professions and creative problem solving to ensure biodiversity net gains.

### Design opportunities [7]

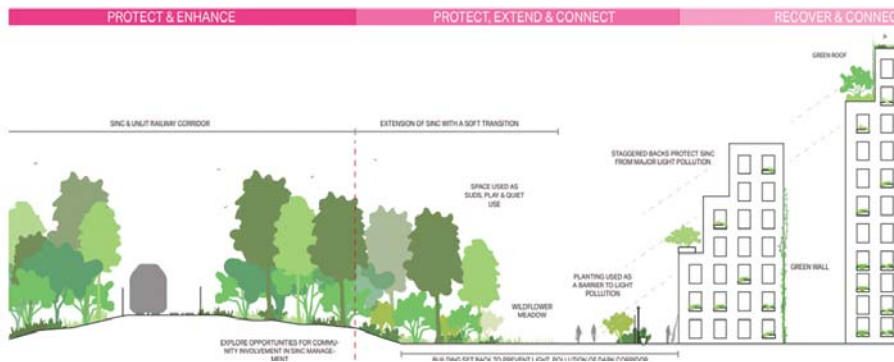
#### 1. Sites of Importance for Nature Conservation (SINC)

##### **Try to:**

- ✓ Enhance the condition of SINCs through appropriate management.
- ✓ Inform design from the vegetation, features, and management of the SINC.
- ✓ Secure plant material of local provenance, including from adjacent SINCs if possible.
- ✓ Create complementary habitat within the development.
- ✓ Design out adverse impacts, for example, obtrusive lighting or noise disturbance.

##### **Avoid:**

- ✓ Building up to the SINC boundary – provide a buffer zone, ideally of semi-natural habitat.
- ✓ Surface water runoff directly into SINC unless ecological appropriate to do so
- ✓ Introducing invasive plant species.



## 2. Public realm

### Try to:

- ✓ Link green spaces at multiple levels e.g. street planting, podium gardens, and green roofs.
- ✓ Create soft transitions with green walls and a variety of management treatments.
- ✓ Create connected tree pits using cell systems with shrubs under tree canopies to create structure.
- ✓ Select plants that root at different depths to limit competition between species.

### Avoid:

- ✓ Using large amounts of sealed surfaces.
- ✓ Specifying the predominance of ornamental evergreen species of shrubs and cover planting.
- ✓ Designing large areas of single species groundcover.
- ✓ Plants that require regular irrigation with mains water.
- ✓ Introducing large quantities of nutrient-rich topsoil.



## 3. Sustainable Drainage Systems (SuDS)

### Try to:

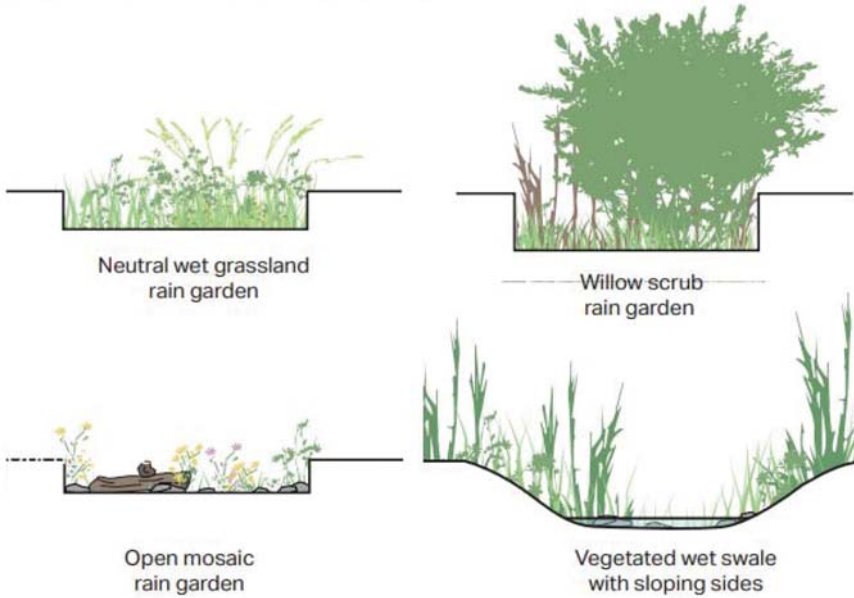
- ✓ Add at least one shallow side to swales, ditches, and ponds for plants and to allow newts, frogs, and other wildlife easy access.
- ✓ Grade inclines to be no more than 1:5 (12%) and preferably less than 1:20 (3%).
- ✓ Direct water through pollution and sediment traps before they reach play areas or ponds.
- ✓ Add dead wood, stones, trees, shrubs, and tussock grasses.
- ✓ Use tall vegetation, swales, buffer strips, and ditches as natural barriers to access and to de-mark walking routes.

### Avoid:

- ✓ Fountains and ornamental ponds, that use chlorinated, potable water and/or a UV filter as they limit use by wildlife.
- ✓ Lighting vegetation or water, can reduce the value to bats and insects.
- ✓ One large SuDS feature (located in a corner) rather than several smaller features located strategically across the development site.
- ✓ Mulches and timber features that may float when the SuDS feature fills with water.



Examples of habitat options for SuDS



4. Roofs and Podiums

*Any roof type can be designed to have biodiversity value*

| Roof type                 | Notes   | Substrate depth, mm | Preference                                    |
|---------------------------|---|---------------------|---|
| Extensive green roof      | Tolerant of windswept, exposed locations on the tallest buildings. Low maintenance  | 80-150              | Priority habitat<br>✓ Open mosaic<br>✓ Alpine |
| Semi-intensive green roof | Suited where deep soils are limited due to building structure. Opportunity to create flower-rich, prairie-like habitats with a rich species mosaic.                   | 80-250              | ✓ Meadow<br>✓ Low scrub<br>✓ Open mosaic      |
| Intensive green roof      | Better suited to sheltered or shaded locations. Deep soils and trees put heavier loads onto building structure. Opportunity to create the widest variety of habitats. | 200-950             | ✓ Wood/scrub<br>✓ Orchard<br>✓ Meadow         |

|                     |   |        |  |
|---------------------|---|--------|--|
| Blue roofs          | Stores more water than other green roofs. If the outlet pipe is raised above soil level ephemeral wetlands may form. Potential to provide significant benefit to people and wildlife. | 80-150 | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Open mosaic</li> <li>✓ Wetland</li> </ul> |
| Sedum blanket roofs | Suitable for lightweight roofs. The lowest benefit for people and wildlife. Low maintenance.  | 60-80  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alpine</li> </ul>                         |

## 5. Facades

### **Try to:**

- ✓ Use rainwater and/or grey water to irrigate the wall.
- ✓ Add native grasses and herbs that provide homes as well as food for butterflies and moths.
- ✓ Think about natural vertical habitats and mimic plant groupings and structure into wall design.
- ✓ Provide artificial nesting and roosting sites for bats, birds, and solitary bees.
- ✓ Encourage residents' participation by providing balcony planters and window boxes on residential or office schemes.

### **Avoid:**

- ✓ Lighting green walls, which will deter nocturnal wildlife such as moths and bats.
- ✓ Use of combustible materials.
- ✓ Only using non-native plant species that are not able to provide homes or food for the early life stages of most invertebrate species.

### ***Any wall can be designed to have biodiversity value***

| Typology           | Description   | Notes   |
|--------------------|---|---|
| Modular green wall | The system built structures with plants in pockets, troughs (soil-based), or rooted in fabric (hydroponic). | Irrigation is typically needed and can be costly to maintain. Some designs can provide nesting opportunities for birds. |



|                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| Traditional, climbing green wall | Climbing plants rooted in the ground and provided with support (e.g. trellis, steel cables, etc.) | Irrigation is not usually needed. Less able to provide nesting habitat until mature or well established. |
| Balcony planters                 | Planting space integrated into balcony architecture   | Less irrigation is needed, so easier maintain. Can be subject to windburn.                               |
| Window boxes                     | Often temporary planters are installed by the residents.  | Regular watering is needed due to desiccation and windburn.  |
| Nest boxes                       | A range of bird and bat nest boxes can be integrated into facades and green walls.                | Some species are territorial and will not use boxes close together. Aspect and height also matters.      |

---

## Список використаних джерел до розділу

1. Міста та зміна клімату. *Глобальна доповідь про населені пункти*. UN-НАВІТАТ. Лондон, Вашингтон, округ Колумбія, 2011. 300 с. URL: <https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/un-hab58.pdf>
2. Міста живі: переосмислення зеленої інфраструктури. *Project report*. London, 2014, 161 с.
3. European Commission, 6.5.2013 COM. *Green Infrastructure (GI) Enhancing Europe's Natural Capital*. URL: [http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green\\_infrastructures/1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v5.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/1_EN_ACT_part1_v5.pdf)
4. *Green infrastructure*. URL: <http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/greeninfrastructure.pdf>
5. Norton, B. et al. Planning for a Cooler Future: Green Infrastructure to Reduce Urban Heat. October 2013, DOI: 10.13140/2.1.2430.1764.
6. Davenport S., Whicheloe R., Frith M., Massini, P. *Urban Greening for Biodiversity Net Gain: A Design Guide*. Greater London Authority in partnership with London Wildlife Trust. 2021. URL: [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/urban\\_greening\\_and\\_bng\\_design\\_guide\\_march\\_2021.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/urban_greening_and_bng_design_guide_march_2021.pdf)
7. Urban Heat Stress and Cooling with Green Infrastructure. *Thematic report No 3*. URBACT Health&Greenspace network. URL: [https://urbact.eu/sites/default/files/thematic\\_report\\_no3\\_urban\\_heat\\_stress\\_and\\_cooling\\_with\\_green\\_infrastructure\\_healthgreenspace\\_fin.pdf](https://urbact.eu/sites/default/files/thematic_report_no3_urban_heat_stress_and_cooling_with_green_infrastructure_healthgreenspace_fin.pdf)
8. Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация. Учеб.-метод. комплекс / М. Ю. Бобрик [и др.]. Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2015. 424 с.

---

## References to the chapter

1. Cities and climate change (2011). *Global report on human settlements*. UN-HABITAT. London, Washington, DC. 300. Retrieved from <https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/un-hab58.pdf>
2. Cities are alive: rethinking green infrastructure (2014). *Project report*. London, 2014, 161.
3. European Commission, 6.5.2013 COM (2013). *Green Infrastructure (GI) Enhancing Europe's Natural Capital*. Retrieved from [http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green\\_infrastructures/1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v5.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/1_EN_ACT_part1_v5.pdf)
4. *Green infrastructure*, (2010). Retrieved from <http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/greeninfrastructure.pdf>
5. Norton, B. et al. (2013). Planning for a Cooler Future: Green Infrastructure to Reduce Urban Heat. October 2013, DOI: 10.13140/2.1.2430.1764.
6. Davenport, S., Whicheloe, R., Frith, M. & Massini, P. (2021). *Urban Greening for Biodiversity Net Gain: A Design Guide*. Greater London Authority in partnership with London Wildlife Trust. Retrieved from [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/urban\\_greening\\_and\\_bng\\_design\\_guide\\_march\\_2021.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/urban_greening_and_bng_design_guide_march_2021.pdf)
7. Urban Heat Stress and Cooling with Green Infrastructure (2021) Thematic report No 3. URBACT Health&Greenspace network. Retrieved from [https://urbact.eu/sites/default/files/thematic\\_report\\_no3\\_urban\\_heat\\_stress\\_and\\_cooling\\_with\\_green\\_infrastructure\\_healthgreenspace\\_fin.pdf](https://urbact.eu/sites/default/files/thematic_report_no3_urban_heat_stress_and_cooling_with_green_infrastructure_healthgreenspace_fin.pdf)
8. Bobrik, M. Yu. et al. (2015). *Climate Change: Impacts, Mitigation, Adaptation* teaching method. complex. Vitebsk: VSU im. P. M. Masherova.

## **2.2. IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF GREEN-BLUE INFRASTRUCTURE IN EUROPEAN CITIES**

### **2.2. РЕАЛІЗАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ЄВРОПЕЙСЬКИХ МІСТАХ**

#### **2.2.1. WILDFLOWER TURFS IN THE CITY ČESKÉ BUDĚJOVICE, THE CZECH REPUBLIC**

---

#### **2.2.1. ГАЗОНИ З ПОЛЬОВИМИ КВИТАМИ В МІСТІ ЧЕСКЕ-БУДЕЙОВІЦЕ, ЧЕХІЯ**

**SEMANČÍKOVÁ Eva**

University of South Bohemia. České Budějovice,  
Czech Republic  
evi@jcu.cz

Green corridors were designed and developed in Wrocław, to improve the stormwater management, decrease urban heat island and improve the air quality. On the example of Żeromskiego Street, we have a transformation of historical street into a green lane according to municipal standards. The proposed solutions are economical and multifunctional. Projects innovations include new options for increasing greenery, improving microclimate and sustainable rainwater management, making the space more multifunctional, attractive and friendly to pedestrians.

**Key words:** green corridors, heat island, microclimate, rainwater

**СЕМАНЧИКОВА Ева** – Університет Південної Богемії, Чеське Будейовице, Чеська республіка, [evi@jcu.cz](mailto:evi@jcu.cz)

Проект організації газонів у містах, що формується дикими квітучими рослинами, ґрунтується на ідеї, що у ґрунті є насіннєвий банк різноманітних дводольних рослин, які можуть рости й цвісти, якщо скошувати дернину лише 2 рази за вегетаційний період. Проект є прикладом ініціативи низового рівня із залученням місцевого населення на всіх етапах реалізації. Реалізація проекту показала, що результатом є низькі витрати, збільшення біорізноманіття, покращення мікроклімату, естетичної привабливості місцевості та добробуту людей.

**Ключові слова:** газон, квітучі дикі рослини, біорізноманіття, мікроклімат, естетичний вигляд



City was founded in 1265 on the confluence of the Rivers Malše and Vltava (Moldau) as a royal city.

České Budějovice is the largest city in the region and its political and commercial capital

Total area - 35,7 km<sup>2</sup>

Population is about 92 000 inhabitants (2021)

Features of green infrastructure cover 60% of the total area

Grey infrastructure has 40%

**Duration and place of project implementation:**

Czech Republic, 06.01.2019 – till now



**Project idea:**

There is a seed bank of various dicotyledonous plants in the soil that can grow and bloom if the turf is mowed only 2 times per vegetation period.

**Project aim:**

Decrease the number of mowing the urban lawns to 2-3 times per vegetation period. Mosaic mowing.



It is a low cost nature-based solution for the maintenance of green public spaces. It increases biodiversity through the growth and bloom of various dicotyledonous plants from soil seedbanks, i.e. from dormant naturally stored seeds. The project is an example of grass-root initiative involving local people at all implementation stages.

First, the project started with communication with local authority and different office departments to inform them about the possibilities to improve local climate in the city and increase biodiversity. The key stakeholders were identified.

Second, suitable green areas in property of the local authority were looked for. Nevertheless, some business companies joined the project and they started practice the extensive management of turfs in their property.

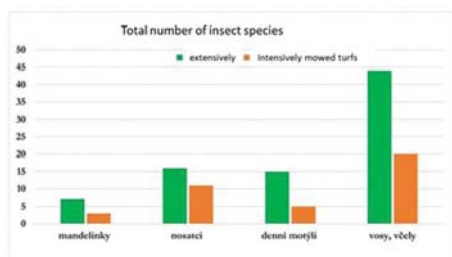
Third, the companies making management of the city turfs had to be convinced to decrease the number of mowing. Fourth, monitoring of biodiversity was prepared. The wild plants, butterflies and other insects were monitored. Finally, the project and its results were communicated with citizens.

Low cost nature-based measure, increasing biodiversity (number and abundance of plants & insects), improving microclimate, aesthetical appeal of the locality and well-being of people.

In the begging the social aspects of this project were not primary. Nevertheless, the project has aesthetical impact and it improves well-being of people in the city as they can enjoy the wild flowering lawns. People give positive feedbacks in Facebook discussions.

**Innovations:**





Beneficiaries and supporters:

Citizens of České Budějovice,  
NGO's, municipality, university,  
Czech Science Academy

### Lessons learned:

1) Necessity and art of communication.

2) Importance of framing green infrastructure to politicians and clerks.

3) The knowledge of institutional and process instruments for realising the project are important.

## **2.2.2. CASE STUDIES OF GREEN AND BLUE INFRASTRUCTURE SOLUTIONS, WROCLAW, POLAND**

### **2.2.2. ПРАКТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНИХ ІНФРАСТРУКТУРНИХ РІШЕНЬ, ВРОЦЛАВ, ПОЛЬЩА**

**RUBASZEK Justyna**

Dr., Wrocław University of Environmental and Life Sciences,  
Wrocław, Poland, justyna.rubaszek@upwr.edu.pl

Green corridors were designed and developed in Wrocław, to improve the stormwater management, decrease urban heat island and improve the air quality. On the example of Żeromskiego Street, we have a transformation of historical street into a green lane according to municipal standards. The proposed solutions are economical and multifunctional. Projects innovations include new options for increasing greenery, improving microclimate and sustainable rainwater management, making the space more multifunctional, attractive and friendly to pedestrians.

**Key words:** green corridors, heat island, microclimate, rainwater

**РУБАШЕК Юстина** – науковий співробітник, Вроцлавський університет екології і наук про життя, м. Вроцлав, Польща,  
justyna.rubaszek@upwr.edu.pl

Зелені коридори були спроектовані та розроблені у Вроцлаві для покращення управління дощовою водою, зменшення міського теплового острова та покращення якості повітря. На прикладі вулиці Żeromskiego ми маємо трансформацію історичної вулиці в зелену смугу відповідно до муніципальних стандартів. Пропоновані рішення економічні та багатофункціональні. Інновації проектів включають нові можливості для збільшення зелені, покращення мікроклімату та сталого управління дощовою водою, що робить простір більш багатофункціональним, привабливим та дружнім для пішоходів.

**Ключові слова:** зелені коридори, тепловий острів, мікроклімат, дощова вода

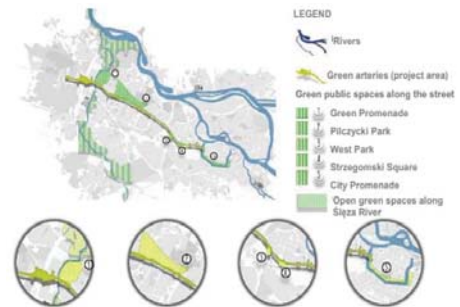


The city's name first appeared in the 10th century probably as Vratislava.

Wrocław is the historical capital of Silesia and Lower Silesia.

Total area – 292,92 km<sup>2</sup>

Population is about 642 687 inhabitants (2021)



### Design of green arteries of Wrocław

Public discussion on green and blue street infrastructure incited activities for the development of green streets and in general city green infrastructure. Green corridors were designed and developed in Wrocław for the improvement of the stormwater management, decreasing urban heat island and improving the air quality. Some of the design proposal could be observed in the pictures below. In details we looked at only one project – the renovation of the **Żeromskiego Street**.



The design concept of the development of Żeromskiego Street in Wrocław using the standards of planning and designing green and blue street infrastructure

**Duration and place of project implementation:** Poland, 12/15/2020 - till now

It is an example of the transformation of historical street into a green lane according to municipal standards. The introduction of greenery and sustainable drainage will provide for on-site management of a portion of rainwater, improve microclimate, and make the space more attractive and pedestrian-friendly. The proposed solutions are economical and multifunctional. The project was created at the request of the residents and with their active participation at all stages.





Projects innovations include new options for increasing greenery, improve microclimate and sustainable rainwater management, making the space more multifunctional, attractive and friendly to pedestrians



### Beneficiaries and supporters:

Local residents (residents of buildings located along the street and from the entire estate), tourists and developers, private owners of local business.

What are the factors of success of this GBI example?

Active residents participation, resignation of residents from some parking spaces at the expense of green areas

### **2.2.3. COMPLEX GBI DEVELOPMENT PROJECT IN GYŐR, HUNGARY**

### **2.2.3. КОМПЛЕКСНИЙ ПРОЄКТ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ДЬОРИ, УГОРЩИНА**

**ЙОНА Ласло**

Centre for Economic and Regional Studies,  
jonal@rkk.hu

Complex GBI development project in Győr, Hungary, by green area development and sport facilities in the old city district. Within the project, a new green area (Halacska Park) was developed. Additionally, two green areas - Malom liget and Ady-domb, - were reconstructed and refurbished nearby the city market, including several Smart Solutions. The vegetation of the park was also renewed. The reconstruction of the play garden was combined with GBI development.

**Keywords:** old city district, green zone, reconstruction

**ЙОНА Ласло** – Центр Економічних і Регіональних досліджень, Угорщина,  
jonal@rkk.hu

Комплексний проект розвитку GBI в Дьйор, Угорщина, шляхом розвитку зелених зон і спортивних споруд у старому районі міста. У рамках проекту було розроблено нову зелену зону (Галацький парк), крім того, поблизу міського ринку дві зелені зони – Malom liget і Ady-domb – були реконструйовані та відремонтовані, включаючи кілька Smart Solutions. Також оновлено рослинність парку. Реконструкцію ігрового саду поєднали з розвитком GBI.

**Ключові слова:** старий район міста, зелена зона, реконструкція.



Hungary, 7/16/2018 - 7/31/2020



Győr was founded around 450 BC by the Celts. Stephen I, the first king of Hungary, founded an episcopate there. The town received its Hungarian name Győr.

Total area – 174,62 km<sup>2</sup>

Population is about 132 735 inhabitants (2021)

### **Duration and place of project implementation:**

#### **Main focus of the project:**

A new market place was built combined with a parking house. The construction included several elements of the GBI: the establishment of a new green area (Halacska Park) and the revitalization of the two existing green areas – Malom liget and Ady-domb. Malom liget includes several sport facilities both for young generation, elderly people and dog keepers.

Complex GBI development project in Győr, Hungary: Nádorváros and Adváros are neighboring districts of Győr located close to the city center. Both district is a combination of older family house area and 3 to 11 story blockhouse area. In the center of the border of these districts the city market, the city library and a shopping mal (TESCO) are located. Some 25,000 people are living in this area. Among the large houses and around of this services a park (Malom liget) and a play garden (Ady-domb) served for healthy environment.



### **Innovations:**

Install Nature Base Solutions and Smart Solutions: increasing the capacity of GBI, serving healthy environment by green area development and sport facilities at the old city district.



### **Results:**

By the project a new market place were built on the site of the old one combined with a parking house with 294 parking places. The construction included several Nature Based Solutions. Within the project a new green area (Halacska Park) were developed, additionally nearby the city market two green areas - Malom liget and Ady-domb - were reconstructed and refurbished including several Smart Solutions. The vegetation of the park also was renewed. The reconstruction of the play garden was combined with GBI development.



### **Beneficiaries and supporters:**

Citizens, Municipalities, Local business

## **2.2.4. BUS STATION NIVY IN BRATISLAVA, SLOVAKIA**

---

## **2.2.4. АВТОСТАНЦІЯ НИВИ В БРАТИСЛАВІ, СЛОВАЧЧИНА**

**BIHUŇOVÁ Maria**

Slovak University of Agriculture, Faculty of Horticulture and  
Landscape Engineering,  
bihunova.maria@gmail.com

**PASEČNÝ Peter**

Authorised Landscape Architect, Slovakia

Project includes different elements of GBI: a large intensive roof garden with trees, shrubs, flower beds, sports and play areas, vertical greenery on the walls, community gardens, bee hives. This is an example of including greenery into architecture with emphasis on improving biodiversity, water management of the place and improving the quality of public open spaces.

**Keywords:** intensive roof garden, vertical gardening, biodiversity, public space.

**БИГУНЬОВА Марія** – Словацький університет сільського господарства, факультет садівництва та ландшафтної інженерії  
bihunova.maria@gmail.com

**ПАСЕЧНИЙ Петер** – Уповноважений ландшафтний архітектор, Словаччина



Проект включає в себе різні елементи ЗБІ: великий інтенсивний сад на даху з деревами, кущами, клумбами, спортивними та ігровими зонами, вертикальним озелененням на стінах, громадськими садами, бджолиними вуликами. Це приклад включення зелені в архітектуру з наголосом на покращення біорізноманіття, управління водними ресурсами цього місця та покращення якості публічних відкритих просторів.

**Ключові слова:** інтенсивний сад на даху, вертикальне озеленення, біорізноманіття, публічний простір.

---

City was established in 905. The city received its contemporary name in 1919.

Bratislava is the capital and largest city of Slovakia.

Total area – 174,62 km<sup>2</sup>

Population is about 475 503 inhabitants (2021)

*Source of the map: [www.britannica.com](http://www.britannica.com)*



**Duration and place of project implementation:**

Slovakia, 05.01.2017 - 11/30/2021

It is an example of the revitalization of the infrastructural object in the city including NBS solutions and aiming to improve ecosystem services in the Bratislava city.



*Source of the map: [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)*



Source: HB Reavis (2018)



Source: HB Reavis (2018)

Project includes different elements of GBI: a large intensive roof garden with trees, shrubs, flower beds, sports and play areas, vertical greenery on the walls, community gardens, bee hives. GBI is integrated with architecture to promote biodiversity and water management, and to introduce public open spaces. The building is BREEAM-certified.

GREEN INFRASTRUCTURE PLAN



Source: HB Reavis (2018)

Design project includes huge modern roof garden, which is on several levels of bus station. This is an example of including greenery into architecture with emphasis on improving biodiversity, water management of the place and improving the quality of public open spaces. Place for the community gardens, education, research (cooperation with the universities and research centre) and sport facilities.

### **Innovations:**

Increasing biodiversity; improving rainwater management; green facades; nature friendly maintenance of greenery; smart space sourcing for public park for the neighbourhood and travellers.



**PUBLIC ACCESSIBLE ROOF GARDEN** (WITH RUNNING TRACK, PETANQUE FIELD, PLAYGROUND WITH WATER FEATURES, COMMUNITY GARDEN, BARBECUE AREA, SPORT FACILITIES AND MANY OTHER ATTRACTIONS)

Project had strong social impact: support the social interaction; improving mental health (relaxation gardens); extended recreation options; and support for the local economy and tourism.

**Beneficiaries and supporters:** Local residents, inhabitants of the Bratislava and surrounded regions; foreigners and tourists

## **2.2.5. REVITALISATION OF THE DUBOVÁ CREEK, CITY PIEŠŤANY, SLOVAKIA**

---

## **2.2.5. РЕВІТАЛІЗАЦІЯ СТРУМКА ДУБОВА, МІСТО П'ЄШТЯНИ, СЛОВАЧЧИНА**

### **BIHUŇOVÁ Maria**

Slovak University of Agriculture, Faculty of Horticulture and  
Landscape Engineering,  
bihunova.maria@gmail.com

### **WERNEROVÁ Ewa**

Authorised Landscape Architect AWE ATELIER, Slovakia

The project included the revitalization of 9-km long Dubov creek. The features of the river valley were: dumps, stink and strong water pollution (trash and sewage). The result of the project was revitalisation of the creek in its natural shape and establishment the of places for new fauna and flora habitats; creation of the access to the water for recreational purposes and the revitalisation of native riparian plants at the waterfront. The aesthetical quality of the environment has improved.

**Key words:** revitalization, coastal vegetation, recreation, stream.

**БИГУНЬОВА Марія** – Словацький університет сільського господарства, факультет садівництва та ландшафтної інженерії  
bihunova.maria@gmail.com

**ВЕРНЕРОВА Ева** – Уповноважений ландшафтний архітектор, Словаччина

Проект передбачав ревіталізацію 9-кілометрового струмка Дубова. Особливостями його долини були: звалища, сморід і сильне забруднення води (сміттям і стічними водами). Результатом проекту стало 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.

**Ключові слова:** ревіталізація, прибережна рослинність, рекреація, струмок.



First mention of the city dated in 1113. It is located in the western part of the country within the Trnava Region. It is the biggest and best known spa town in Slovakia.

Total area – 44,2 km<sup>2</sup>

Population is about 27 307 inhabitants (2021)

Source of the map: [www.nizketatry.sk](http://www.nizketatry.sk)

**Duration and place of project implementation:**Slovakia, 07.01.2008 -  
10.01.2018

The project included the revitalization of 9-km long Dubová creek and the space along it, including the development of a green corridor supporting ecological connectivity and sustainable transport in the city (using bicycles, rollers and small scooters), and creating an attractive and beautiful space for walks and the rest.



At the beginning of the project the features of the river valley were:

- vegetation was in not good health condition;
- negative public perception of the area due to illegal;
- dumps, stink and homeless people;
- strong water pollution (trash and sewage contamination);
- presence of visual barriers.

*Photos: Eva Putrová (2005)*

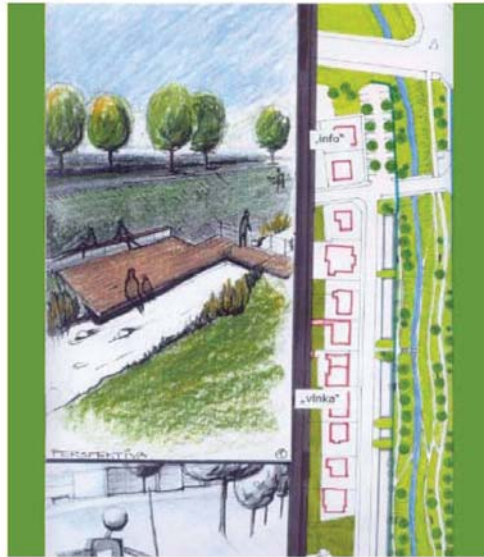
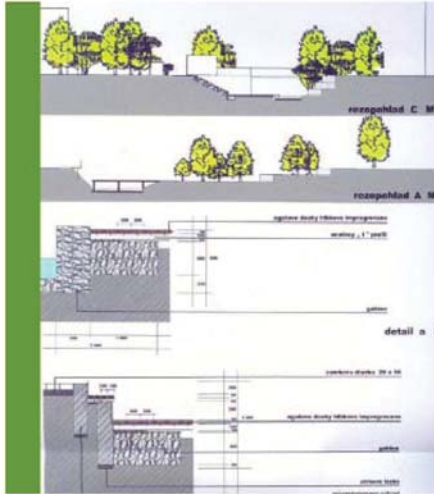
The project included several thematic blocks and activities: site survey (based on the multidisciplinary team with participation of architect, landscape architect, environmentalist, ornithologist, hydrologist, environmental NGOs and etc.), local community involvement, children education and scientific research.



*Photos: Eva Putrová, Eva Wernerová (2006)*



## COOPERATION WITH THE UNIVERSITY



• ING. ARCH. EVA PUTROVÁ, CSc. ING. KATARÍNA GÉCOVÁ, PhD.

**Innovations:** revitalisation of a neglected and smelly creek in the middle of the city; financial scheme (support for revitalisation is agreed by the municipality on annual basis); involvement of a broad spectrum of interest groups and experts; revitalisation of the creek in the natural shape and establishment the places for new fauna and flora habitats; creation of the access to the water for the recreational purposes

In the result of the project were reconstructed or developed place for community meetings and local activities, place for active and passive recreation, for cycling and running. The aesthetical quality of the environment was improved.



*Before revitalisation*

*Photo: Vavrová (2004)*



*After revitalisation*

*Photo: CE.ZA.AR (2008); Vavrová (2015)*

Project supported the development of ecological transport in the city - using the bicycles, roller skaters and small scooters, remain away car traffic; has strong impact on the biodiversity conservation and led to the revitalisation of native riparian plants at the waterfront.



*Photos: Wernerová (2016)*

**Beneficiaries and supporters:**

Locals, inhabitants of the city; visitors and tourists and guests of the spas (Piešťany is the very famous spa city)

## **2.3. ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНА ІНФРАСТРУКТУРА ПОСТРАДЯНСЬКИХ МІСТ УКРАЇНИ**

### **2.3. GREEN-BLUE INFRASTRUCTURE OF POST-SOVIET CITIES OF UKRAINE**

#### **2.3.1. FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE GREEN INFRASTRUCTURE OF THE KHARKIV CITY**

---

#### **2.3.1. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ХАРКІВ**

##### **MAKSYMENKO Nadiya**

DSc (Geography), professor, Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>  
maksmenko@karazin.ua

##### **BURCHENKO Svitlana**

PhD student, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-5366-5397>  
s.burchenko@karazin.ua

##### **KOCHANOV Eduard**

PhD (Military), Associate professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-8443-4054>  
kochanov@karazin.ua

**Abstract.** The analysis of the features of the organization of green infrastructure makes it possible to identify problematic practices of managing green spaces and to determine prospects for the further expansion of the green infrastructure of cities. Green infrastructure should represent an inseparable network of green spaces that create a protective frame in the city. Using the example of the city of Kharkiv, retrospective analysis can identify the changes in the number of green spaces for public use, namely the main forest areas within the city, parks and squares, which are the “cores” of green infrastructure. The characteristic features of modern green infrastructure are the increase of small squares, the low frequency of use of such objects of green infrastructure as green roofs, green walls, green parking, the absence of such objects as rain gardens. In the course of the research, using field and cartographic methods using the QGIS software (version 3.22.7), an inventory of green spaces for public use in the city of Kharkiv was carried out, and their area was also determined. So, the Shevchenkivskyi district of the city is the most green area, it is the central district, which is the reason for both the active reconstruction of green areas and the creation of new ones. The smallest number of green spaces in the Nemyshlyanskyi district of the city. This is due to the small area of the district

**Keywords:** green infrastructure, greening, Kharkiv, green zones, recreation

**МАКСИМЕНКО Надія Василівна** – професор, доктор географічних наук, завідувач кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>  
maksmenko@karazin.ua

**БУРЧЕНКО Світлана Володимирівна** – аспірант, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0001-5366-5397>,  
s.burchenko@karazin.ua

**КОЧАНОВ Едуард Олексійович** – кандидат військових наук, доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0002-8443-4054>,  
kochanov@karazin.ua

**Анотація.** Аналіз особливостей організації зеленої інфраструктури дає змогу визначити як проблемні практики управління зеленими насадженнями, так і перспективи для подальшого розширення зеленої інфраструктури міст. Зелена інфраструктура повинна являти собою нерозривну мережу зелених насаджень, що створюють у місті захисний каркас. На прикладі міста Харків аналізується ретроспектива змін у кількості зелених насаджень загального користування, а саме основних лісових масивів у межах міста, парків та скверів, які є «ядрами» зеленої інфраструктури. Характерними рисами сучасної зеленої інфраструктури є збільшення малих за площею скверів, низька частота використання таких об'єктів зеленої інфраструктури, як зелені дахи, зелені стіни, зелені парковки, відсутність таких об'єктів, як дощові сади. У ході дослідження польовими та картографічними методами з використанням програмного забезпечення QGIS (версія 3.22.7) проведено інвентаризацію зелених насаджень загального користування міста Харків, було також



визначено їх площу. Так, найбільш озеленим районом є Шевченківський район міста, він є центральним районом, що і є причиною як активних реконструкцій зелених зон, так і створення нових. Найменша кількість зелених насаджень у Немишлянському районі міста. Це пов'язано з невеликою площею району.

**Ключові слова:** зелена інфраструктура, озеленення, Харків, зелені зони, рекреація.

---

Містам в рамках програми Європейського банку реконструкції та розвитку «Зелені міста» 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 [1, 2]. Програма реалізується шляхом розробки плану дій для подолання екологічних проблем. Харків приєднався до програми у жовтні 2021 року.

Об'єкти зеленої інфраструктури міста умовно можна поділити на ядра та коридори. 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 виділи 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, озеленені острови безпеки на автошляхах [3, 4, 5].

Території озеленення загального користування являють собою «ядра» зеленої інфраструктури (парки, сквери, сади тощо). Окрім того, до «ядер» доцільно внести також об'єкти ПЗФ, однак вони мають відповідні обмеження у доступу до них населення [6, 7].

Парк – це територія площею від 10 гектар, що розробляється з метою створення сприятливого в естетичному і гігієнічному відношенні середовища для відпочинку населення.

Сквер – це мала за розміром озеленена територія, яка є елементом оформлення площі, громадського центру, магістралі. Основним призначенням скверів є короткочасний відпочинок населення і транзит. У більшості випадків площа скверу складає від 0,2 до 2 гектар, але зустрічаються сквери більш значних розмірів [8].

Сквери можуть бути влаштовані в одному місці або розділені на кілька ділянок. Сквери розміщують між будинками або перед окремими спорудами. Це залежить від планування відповідного району міста, розмірів ділянок, вільних від забудови, графіка руху транспорту і пішоходів, розташування і архітектурного вирішення суспільних і житлових будівель [80].

Сквери, які створені на майданчиках загальноміського або районного значення, на привокзальних площах, а також перед окремими великими громадськими будівлями (театрами, музеями і т.д.), призначені, головним чином, для короткочасного відпочинку громадян. Сквери, розташовані на майданчиках другорядного значення і на вулицях, використовуються для більш тривалого та дитячого відпочинку [8].

Цільове призначення скверів перед окремими будівлями визначається насамперед функціями цих будівель. Наприклад, сквери біля кінотеатрів використовуються влітку як своєрідні фойє, в яких відвідувачі очікують початку сеансу. Коли сквери на площах і вулицях створюються тільки з архітектурно-декоративними цілями, вони зазвичай займають невеликі за розмірами ділянки, і тут часто встановлюють пам'ятники архітектури або розміщують фонтани [9]. Проте на ділянці однієї і тієї ж конфігурації може бути кілька різних за формою та площею скверів. Так, на квадратній міській площі створюються сквери круглої або квадратної форми. Якщо, наприклад, на площі, на якій планується створити сквер, домінує одна будівля, кругла форма скверу підходить менше, ніж у тому випадку, коли площа забудована по всьому периметру приблизно рівнозначними будівлями. Певне значення мають також транспортні потоки, які проходять біля скверів [9].

Таким чином, сквери створюють у результаті рішення суми транспортних, функціональних та архітектурно-композиційних питань. Найчастіше створюються сквери прямокутної, квадратної, круглої і трикутної форми, але сквери можуть мати неправильну, а іноді і складну форму [9].

Характерною рисою «ядер» зеленої інфраструктури Харкова можна назвати формування великої кількості малих за площею скверів. Порівняно з основними парками та лісовими масивами, сквери знаходяться поряд з житловою забудовою та транспортним сполученням, вони є більш доступними для населення. Основні «ядра» зеленої інфраструктури показано на рис 1.

Харків представляє собою велику урбосистему, яка продовжує розвиватись, кількість мешканців складає близько 2-х млн осіб. Площа міста 350 км<sup>2</sup>. Місто поділене на 9 адміністративних районів. Догляд за зеленими насадженнями загального користування у місті здійснює Спеціалізоване комунальне підприємство «Харківзеленбуд». За даними міської ради, у підпорядкуванні СКП знаходиться 4077,8 га, в тому числі Лісопарк та 4 гідро- і лугопарки, 18 парків, 3 сади, 93 сквери, 4 набережні 7 бульварів, 2 меморіальні комплекси тощо. На території лісопаркового господарства знаходяться об'єкти природо-заповідного фонду: ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Помірки» і регіональний ландшафтний парк «Сокольники-Помірки», а також лісовий заказник місцевого значення «Григорівський бір» [7].

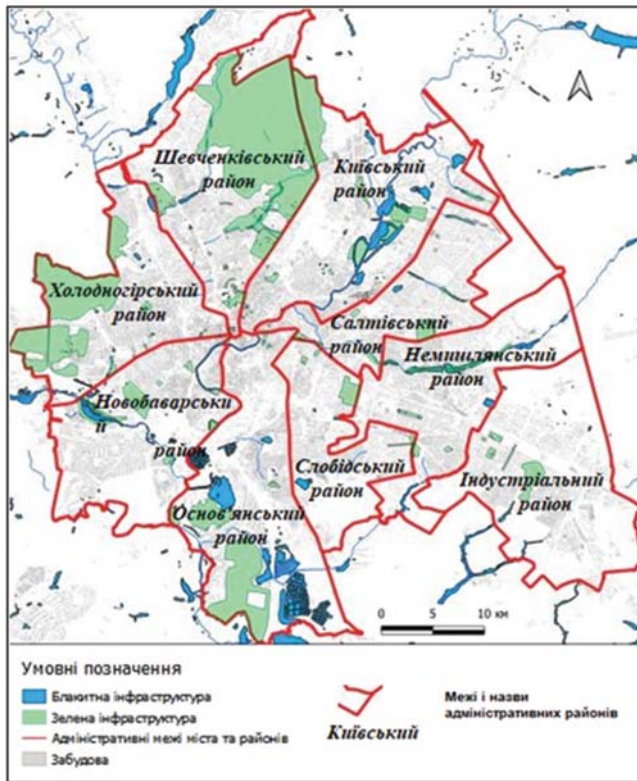


Рис. 1. Зелено-блакитна інфраструктура м. Харків

Fig. 1. Green and Blue infrastructure in Kharkiv

Розглянемо об'єкти ЗІ, які можна віднести до «ядер» та «коридорів» загального, спеціального та обмеженого користування за кожним адміністративним районом міста.

В ході дослідження проведено інвентаризацію зелених насаджень загального користування міста Харків (табл.1).

Таблиця 1

Інвентаризація зелених насаджень загального користування м. Харків

| № з/п                       | Назва   | Площа, га |
|-----------------------------|---|-----------|
| <i>Шевченківський район</i> |   | 6200      |
| 1                           | Саржин Яр   | 17        |
| 2                           | Лісопарк  | 2050      |
| 3                           | Центральний парк культури та відпочинку ім. М. Горького | 73,6      |
| 4                           | Ботанічний сад  | 41,9      |
| 5                           | Олексіївський лугопарк                                  | 19,65     |
| 6                           | Парк «Соснова гірка»                                    | 1,6       |
| 7                           | Сквер майдану Свободи                                   | 3,0       |



|                              |   |                |
|------------------------------|---|----------------|
| 8                            | Сад імені Т. Шевченка                                   | 25,0           |
| 9                            | Сквер воїнів-інтернаціоналістів                         | 2,6            |
| 10                           | Сквер 23 серпня   | 2,0            |
| 11                           | Соборний сквер  | 0,6            |
| 12                           | Сквер Тихонова  | 0,3            |
| 13                           | Соборний узвіз  | 1,2            |
| 14                           | Сквер Незалежності                                      | 2,0            |
| 15                           | Сквер з прапором України                                | 0,7            |
|                              | <b>Всього</b>   | <b>2241,15</b> |
| <i>Холодногірський район</i> |   | <i>3040</i>    |
| 16                           | Парк Юність   | 11,8           |
| 17                           | Савчин Яр   | 11,6           |
| 18                           | Сквер імені Мещанинова                                  | 1,0            |
| 19                           | Сквер біля будинку офіцерів                             | 1,0            |
| 20                           | Сквер пожежників  | 1              |
| 21                           | Сквер мислителів  | 0,5            |
| 22                           | Сад Тіволі  | 0,8            |
| 23                           | Холодногірський сквер                                   | 2,0            |
| 24                           | Лісові насадження                                       | 972            |
|                              | <b>Всього</b>   | <b>1001,7</b>  |
| <i>Новобаварський район</i>  |   | <i>3470</i>    |
| 25                           | Парк Мирський гай                                       | 10,8           |
| 26                           | Парк культури і відпочинку імені Г. Квітки-Основ'яненка | 7,1            |
| 27                           | Карпівський сад   | 8,4            |
| 28                           | Парк ім. Фаріса Сафарова                                | 2,9            |
| 29                           | Григорівський бір                                       | 76,0           |
| 30                           | Парк ОСГО   | 10,2           |
| 31                           | Удянський гідропарк                                     | 54             |
|                              | <b>Всього</b>   | <b>169,4</b>   |
| <i>Основ'янський район</i>   |   | <i>4554</i>    |
| 32                           | Крюківський заказник                                    | 39,3           |
| 33                           | Сквер Стрілка   | 2,9            |
| 34                           | Сквер воїнів інтернаціоналістів                         | 2,0            |
| 35                           | Михайлівський сквер                                     | 1              |
| 36                           | Червоношкільний сквер                                   | 0,3            |
| 37                           | Сквер Героїв Небесної Сотні                             | 1,8            |
| 38                           | Сквер Суддівський                                       | 1              |
| 39                           | Парк Основа   | 6,6            |
| 40                           | Основ'янський ліс                                       | 126,6          |
|                              | <b>Всього</b>   | <b>181,5</b>   |
| <i>Слобідський район</i>     |   | <i>2430</i>    |
| 41                           | Велозаводський сквер                                    | 3,4            |
| 42                           | Фентезі парк  | 4,5            |
| 43                           | Бульвар Жасміновий                                      | 3,4            |
| 44                           | Парк Машинобудівників                                   | 57,0           |
|                              | <b>Всього</b>   | <b>68,3</b>    |

|   |                                     |               |
|---|-------------------------------------|---------------|
| <i>Немишлянський район</i>              |                                     | 2230          |
| 45                                      | Парк Зустріч                        | 16,6          |
| 46                                      | Бульвар Юр'єва                      | 11,4          |
| 47                                      | Сквер ім. Б. Хмельницького          | 4,1           |
|   | <b>Всього</b>                       | <b>32,1</b>   |
| <i>Індустріальний район</i>             |                                     | 3340          |
| 48                                      | Зелений Гай                         | 47            |
| 49                                      | Сквер Гулівер (ім. П Кандаурова)    | 1,0           |
| 50                                      | Парк «Тракторозаводський»           | 9,6           |
| 51                                      | Парк Маяковського                   | 10,7          |
| 52                                      | Олександрівський сквер              | 6,8           |
|   | <b>Всього</b>                       | <b>75,1</b>   |
| <i>Салтівський район</i>                |                                     | 2270          |
| 53                                      | Сквер Фейсрбаха                     | 0,7           |
| 54                                      | Сквер ім. Академіка Павлова         | 1,5           |
| 55                                      | Сквер Кутакова                      | 2,3           |
| 56                                      | Парк культури і відпочинку Перемога | 45            |
| 57                                      | Площа Захисників України            | 12,4          |
| 58                                      | Сквер за будинком культури ХЕМЗ     |               |
| 59                                      | Парк пам'яті                        | 6,3           |
| 60                                      | Кітлярчин струм                     | 7,7           |
| 61                                      | Глибокий яр                         | 9,0           |
|   | <b>Всього</b>                       | <b>84,9</b>   |
| <i>Київський район</i>                  |                                     | 4620          |
| 62                                      | Манжосів яр з джерелом              | <b>10,5</b>   |
| 63                                      | Сквер Перемоги                      | <b>3</b>      |
| 64                                      | Молодіжний парк                     | <b>9,2</b>    |
| 65                                      | Журавлівський гідропарк             | <b>180</b>    |
| 66                                      | Карякін сад                         | <b>2,6</b>    |
| 67                                      | Парк Жуки                           | <b>17</b>     |
| 68                                      | Театральний сквер                   | <b>0,55</b>   |
| 69                                      | Чернишевський сквер                 | <b>0,3</b>    |
| 70                                      | Сквер Коцюбинського                 | <b>0,2</b>    |
| 71                                      | Сквер Гурченко                      | <b>0,3</b>    |
|   | <b>Всього</b>                       | <b>223,65</b> |
| <b>Загальна площа зелених насаджень</b> |                                     | <b>4077,8</b> |

Узагальнюючи отримані дані, можна визначити, що найбільш озелененим є **Шевченківський район** міста. Цей район є центральним, там розташована велика кількість парків та скверів, а також лісові насадження загальною площею 2241,15 га (рис. 2).

Найбільш відомий у місті парк імені М. Горького є і одним із найстаріших. Парк було закладено у 1893—1895 роках, а урочисте відкриття було у 1907 році, коли підросли дерева (рис. 3.).

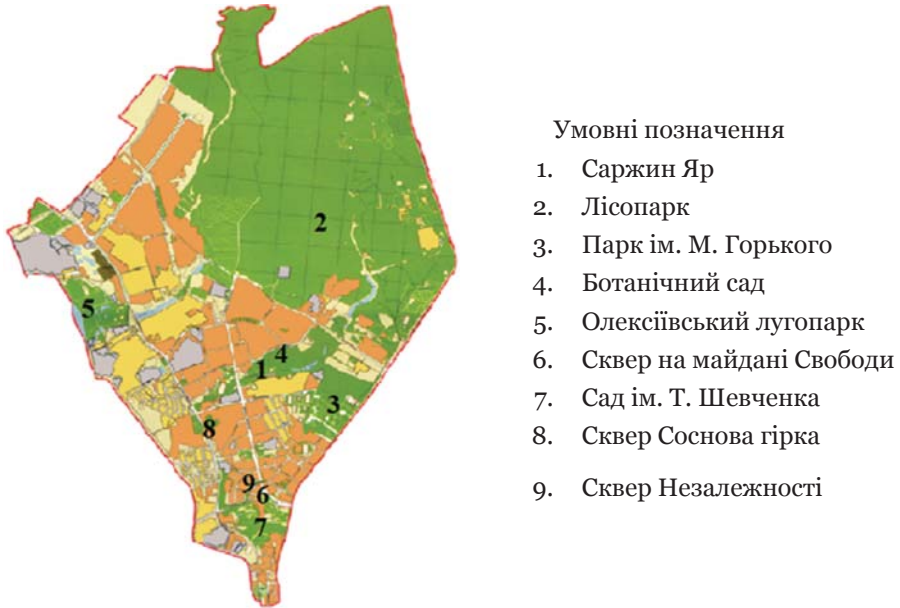


Рис. 2. Основні елементи зеленої інфраструктури Шевченківського району

Fig. 2. Key elements of green infrastructure in Shevchenkivskyi district



Рис. 3. Центральний парк культури та відпочинку ім. Горького: а) 1930-ті роки, б) початок 2000 років, в) сучасний вигляд після реконструкції

Fig. 3. Central Gorky park a) in 1930s, b) in the beginning of 2000s, c) in 2022 after reconstruction



Фінансування здійснювалося за рахунок жителів міста, багато з яких, особливо студенти та гімназисти, безпосередньо брали участь у посадці дерев, установці шпаківень. У результаті розмір парку (20-40 десятин), що спочатку планувався, був збільшений до 90 десятин (98 га).

Для цього проєкту спеціально до Франції було направлено кілька професорів Харківського університету, які досконально вивчили всі особливості іноземного парку (лінійкою вимірювали навіть відстані між деревами), що дало початок побудові об'єднаних у витягнуте кільце Каштанової та Липової алеї, які також називалися Екіпажними.

Під час війни у 1941–1943 роках парк був повністю зруйнований і повністю відновлений після її закінчення. Також під час повоєнної реставрації було встановлено знамениту колонаду біля входу до парку. У парку до війни був єдиний у місті кедровий гай – поблизу Екіпажною алеї. На жаль, гай був знищений під час війни у 1943 році.

У 50-ті рр. парк Горького знову перетворили на зелений куточок та вирішили влаштувати тут центр розваг. У 2006 р. до Дня міста перед входом було відновлено колонаду з боку вул. Сумської. Також відновили центральний фонтан та пам'ятник письменнику М. Горькому, який зараз знову демонтовано.

Зараз Центральний парк культури і відпочинку ім. О. М. Горького має площу 73,6 га. Після реконструкції суттєво змінився зовнішній вигляд парку. Він зазнав позитивних змін у плануванні, що проявилось в зонуванні території, застосуванні сучасних методів організації території, у т.ч. зелено-блакитної інфраструктури (рис.). Незважаючи на це, біорізноманіття флористичного складу парку не зменшилось, чого не скажеш про площі, які займають різні види і асоціації. Парк має наступний породний склад деревостанів: клен гостролистий, липа дрібнолиста, каштан кінський, акація біла, дуб черешчатий, береза бородавчаста, тополя пірамідальна, сосна звичайна, модрина європейська.

Значних змін останнім часом зазнав і Сад ім. Т. Шевченка (площа близько 25 га), що знаходиться безпосередньо у центрі міста і є улюбленою рекреаційною зоною харків'ян. Створений на місці корінних широколистяних лісів, парк складається з практично повністю створених людиною ландшафтів (рис. 4). Реліктові дерева, що збереглися на території парку, мають статус Пам'ятки природи та охороняються державою як об'єкт ПЗФ. У саду зібрано понад 100 порід дерев і чагарників. Найбільш поширені породи дерев: клен гостролистий, липа дрібнолиста, каштан кінський, акація біла, ясен звичайний, береза бородавчаста, горобина звичайна. В Саду ім. Т. Шевченка широко використовуються килимові клумби і газони декоративного типу, про що детальніше йдеться у розділі 3.3 цієї монографії.

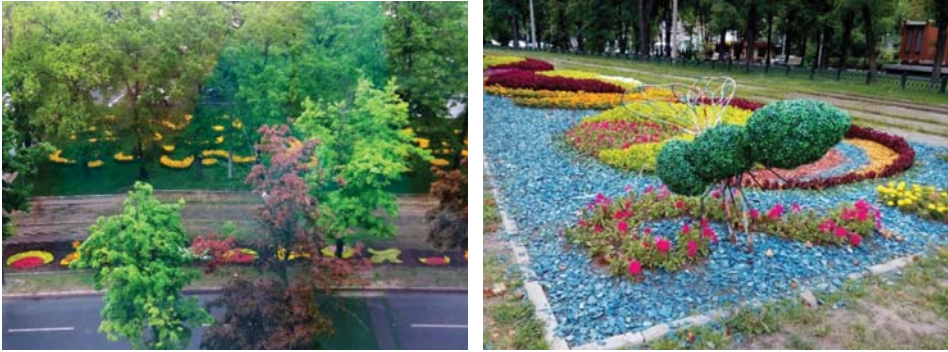


Рис. 4. Килимові клумби вздовж трамвайних колій на просп. Незалежності

Fig. 4. Carpet flowerbeds along the tram lines on the Independence prospect

Саржин Яр – ще одна з найбільш відвідуваних рекреаційних зон Шевченківського району. В геоморфологічному відношенні – це балка завдовжки понад 12 км, по днищу якої протікав широкий Саржин струмок, але він був засипаний при будівництві. Втім залишки струмка збереглися, і головне – збереглося джерело чистої питної води, яка розливається під маркою Харківська 1. Схили балки задерновані, а в рекреаційній зоні здійснена реконструкція, під час якої природний ландшафт повністю був перетворений (рис. 5).

Особливістю організації зеленої інфраструктури у Шевченківському районі є повсюдне дискретне розміщення скверів та зелених майданчиків для відпочинку. Особливо важливими є озеленені шляхопроводи. Так утворився сквер Незалежності на місці зони відчуження трамвайного шляху. Натепер протягом вегетаційного періоду фахівцями КП Харківблагоустрій на смугах вздовж трамвайних колій висаджуються килимові клумби та доглядається газон (рис. 4).

Значна увага комунальними службами приділяється зеленим зонам всередині житлових кварталів, де до недавнього часу практикувалось повне винищення трав'яного покриву.

На території **Холодногірського району** міста Харкова знаходиться 8 парків та скверів, найбільшими з яких є парк «Юність», Олексіївський лугопарк та Волонтерський парк (рис. 6). Олексіївський лугопарк розташований у північній частині міста і має площу 60 гектар, в тому числі 25 гектар на території Холодногірського району. Він був створений в 1962 році, біля Олексіївського водосховища річки Лопань, на території двох районів, Шевченківського та Холодногірського. Метою створення лугопарку було створення рекреаційної зони біля Олексіївського водосховища річки Лопань.



*Саржин Яр*



*Сад імені Т. Г. Шевченка*



*Парк імені М. Горького*

Рис. 5. Найвідоміші рекреаційні зони міста після реконструкції  
Fig. 5. Most well-known recreational areas of the city after reconstruction

## Умовні позначення

1. Олексіївський лугопарк
3. Сквер «Пожежних»
3. Волонтерський парк
4. Парк «Юність»
5. Сквер «Добродецького»
6. Сквер «Офіцерів»
7. Сквер «Мещанінова»
8. Сад «Тіволі»

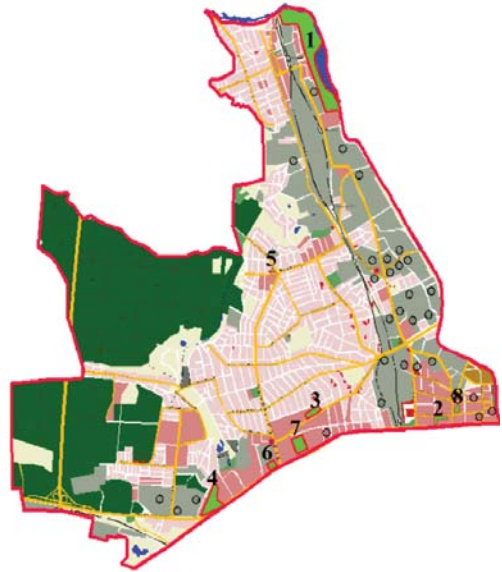


Рис. 6. Основні елементи зеленої інфраструктури Холодногірського району

Fig. 6. Key elements of green infrastructure, Kholodnogorskiy district

Також Лугопарк виконує певні захисні функції, поліпшує мікроклімат району, покращує тепловий режим, поглинає забруднюючі речовини з атмосферного повітря та знижує рівень шуму від підприємств, що знаходяться біля Лугопарку.

На території Лугопарку існують такі функціональні зони:

- фізкультурно-оздоровча – спортивні майданчики і пляжі;
- тихого і прогулянкового відпочинку – займає більшу частину парку, характеризується природним мальовничим ландшафтом;
- дитячого відпочинку – знаходиться на незначному віддаленні від входів;
- господарська зона – ділянка на периферії лугопарку з виїздом на прилеглі вулиці.

Другою за розміром рекреаційною зоною Холодногірського району є парк «Юність». Парк був створений в 1978 році біля мікрорайону Залютине, в південно-західній частині району. Площа парку складає 7,2 гектар. Парк розміщено на ділянках болотистої місцевості з метою створення зони відпочинку для мешканців багатоповерхових будинків та для захисту від викидів промислових підприємств, що знаходяться біля парку. Початком історії парку вважається поява дитячого містечка, що включало кілька цікавих об'єктів (рис. 7).



Рис. 7. Так виглядав парк Юність раніше

Fig. 7. Yunist park in the past

На території парку «Юність» існували такі функціональні зони:

- зона культурно-розважальних заходів – центральна площа в парку, що створена для проведення культурних заходів;
- фізкультурно-оздоровча зона – спортивні майданчики;
- тихого і прогулянкового відпочинку – займає більшу частину парку, характеризується мальовничим ландшафтом;
- зона дитячого відпочинку – декілька дитячих майданчиків, які знаходяться відокремлено на незначному віддаленні від входів.

На теперішній час парк зазнав певних негативних змін, що пов'язані зі зношенням обладнання, руйнуванням елементів, заростанням чагарником і рудеральною рослинністю. Протягом 2012–2013 років в парку були проведені масштабні роботи з його благоустрою, але водні об'єкти парку – ставок і джерело потребують оновлення (рис. 8.).



Рис. 8. Сучасний вигляд території парку Юність

Fig. 8. Yunist park nowadays



Рис. 9. Ескіз проєкту реконструкції парку Юність та новий спортивний об'єкт

Fig. 9. Sketch of the reconstruction design for Yunist park and new sports site

На теперішній час розроблено проєкт реконструкції парку, ескіз якого показаний на рис. 9, та вже розпочато певні роботи (рис. 9) [10]. Парк закритий для відвідування населення, але певна категорія місцевих мешканців продовжують набирати воду в джерелі. Така практика змушує провести дослідження якості води і інформувати населення про доцільність її використання для питних потреб.

В історичній частині Холодногірського району знаходиться Волонтерський парк. Парк був створений у другій половині 1940-х років на місці старого кладовища. Площа парку на момент створення складала 5 гектарів. Проте під час забудови мікрорайону багатоповерховими будинками площа парку значно зменшилась і складає 2,5 гектари.

На території Волонтерського парку існують такі функціональні зони:

- зона культурно-розважальних заходів – центральна площадка в парку, що створена для проведення культурних заходів;
- фізкультурно-оздоровча зона – спортивні майданчики;
- тихого і прогулянкового відпочинку – займає більшу частину парку;
- зона дитячого відпочинку – декілька дитячих майданчиків, які знаходяться відокремлено на незначному віддаленні від входів.

Сквер «Пожежних» розташований в південній частині Холодногірського району, між вул. Полтавський шлях і вул. Благовіщенська. Його площа складає 1 га. Сквер було створено у 1973 році в ознаменування 150-ї річниці пожежної охорони міста Харкова. У сквері встановлено пам'ятник пожежникам і пам'ятний знак загиблим від наслідків аварії на ЧАЕС.

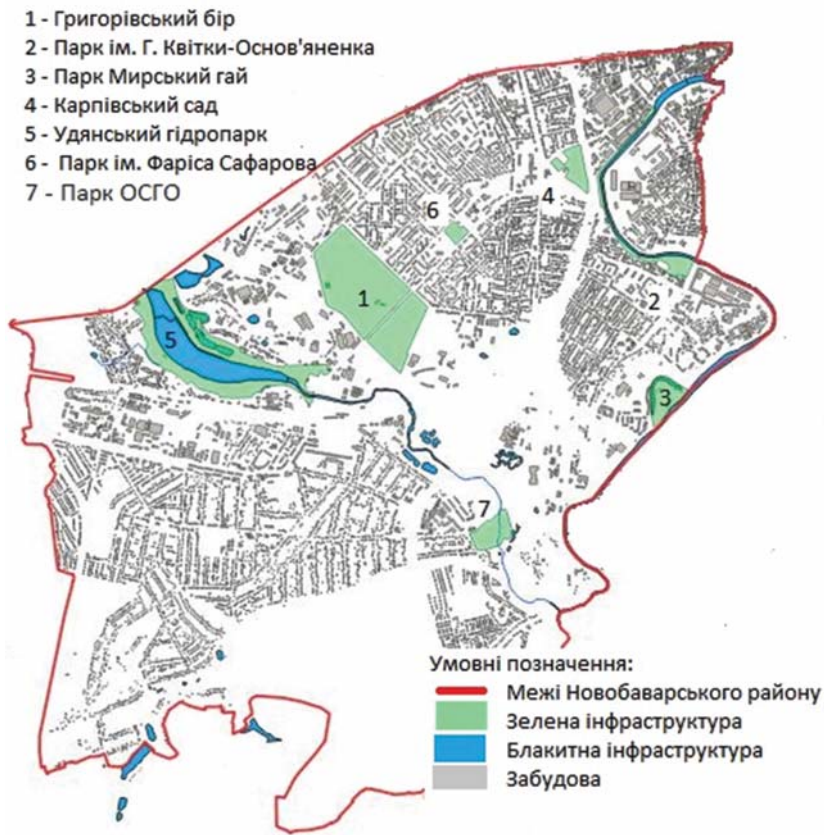


Рис. 10. Зелено-блакитна інфраструктура Новобаварського району

Fig. 10. Green and Blue infrastructure in Novobavarskiy district

Сквер призначений головним чином для короточасного відпочинку мешканців району, а також створює пішохідний прохід між вулицею Полтавський шлях та вулицею Благовіщенська.

Одним з найменших за розмірами сквером Холодногірського району є сквер «Добродецького». Він знаходиться в історичній частині Холодногірського району Лиса гора та був створений у 2011 році. Призначенням скверу є короточасний відпочинок мешканців району, і, крім того, він є місцем дитячого відпочинку.

Загалом парки та сквери Холодногірського району знаходяться в напівпокинутому стані. Це пов'язано з тим, що майже відсутнє фінансування. Оскільки парки та сквери Холодногірського району знаходяться в периферійній частині міста Харкова, тому не є зоною відпочинку для усіх мешканців міста, а також для туристів з інших міст.

На території **Новобаварського району** деревостани представлені головним чином лісами на вододілах, де домінуючою формацією є широколистяно-мішані ліси (дубрави).

Деревостан таких дубрав густий, з рясним підліском, його складають дуб звичайний, ясень високий, клен польовий і види ільмових: берест, в'язи. Ільмові часто є домінантами першого і другого деревинних ярусів. Ясеню також належить головна роль в утворенні насадження, де він співіснує в першому ярусі з дубом і кленом, а в другому – з ільмом.

Дуб не скрізь є виключним домінантом, в першому ярусі він має домішок з ясеню, а у третьому часто утворює полог. Польовий клен також грає помітну роль в складі деревостану, поєднується він з різними видами ільма і ясеня. Чагарниковий ярус складають клен татарський (заввишки до 6-7 м), ліщина, бересток, свидина кров'яно-червона, крушина ламка. В чагарничково-трав'янистому ярусі рано навесні розцвітає багато ефімероїдів: хохлатка Галлера, хохлатка Маршалла, вітряниця лютикова, чистяк весняний; пізніше – конвалія травнева, рябчик руський тощо. З групи рослин, що має тривалий термін вегетації, виділяються дудник лісовий, кропива дводомна, валер'яна, борщовик сибірський, хміль, будра волосиста, зюзник європейський тощо.

Подекуди в притерасних понижених ділянках заплави Лопані і Уд зустрічаються низинні вільховники. Підлісок в них майже відсутній. Із чагарників зустрічаються смородина чорна, калина звичайна та крушинник ламкий. В трав'яному покриві – щитовник (болотний, шипуватий); рясно представлені осоки: струнка, дерниста, берегова, рідше – дворядна.

Трав'яний покрив парків і лук складається із конюшини, горошка, люцерни, звіробоя і т.ін. Окрему групу складають бур'яни, які ростуть повсюди на полях (будяк, пирій); на забруднених і покинутих місцях, витоптаних скотиною (полин звичайний, кропива, будяк, лопух, чистотіл, лобода тощо); вздовж доріг (кульбаба лікарська, спориш, різні види подорожнику тощо). Деякі бур'яни з'явилися у нас з інших країн (амброзія, дурнишник). Розповсюдженню бур'янів сприяла діяльність людини, особливо землеробство. Бур'яни стійкі до зовнішніх факторів (перепадів температури, заморозків, посух), швидко розвиваються, здатні розмножуватись декілька разів на рік, мають розтягнутий період проростання насіння тощо [11].

В межах району існує 7 рекреаційних зон, а саме: парки, сади, гідропарк і сосновий бір (рис. 10). Найбільшу площу має Григорівський бір – осередок соснового лісу на боровій терасі р. Уди. Це лісовий заказник місцевого значення, об'єкт природно-заповідного фонду міста



*парк імені Г. Квітки-Основ'яненка*



*Карпівський сад*

Рис. 11. Об'єкти ЗБІ у Новобаварському районі

Fig. 11. Green and Blue infrastructure sites in Novobavarskiy district

Харків. Він заснований у 1999 році і займає площу у 76,0 га. Представляє собою унікальний сосновий ліс штучного походження на надзашплавній терасі долини р. Уди. Насадження віком 80 років, оточені житловими кварталами. Місце зростання рідкісних видів рослин, занесених до Червоної книги України та Червоних списків Харківщини.

Найстародавнішим з нині діючих парків деякі краєзнавці вважають саме парк імені Г. Квітки-Основ'яненка. Він був заснований у 1770-ті роки. Парк неодноразово реконструювався та перебудовувався. Тут було кілька альтанок, алеї для кінних прогулянок. 1830 року парк прикрасили розарії, а 1889-го – відвідувачів радували понад 80 порід дерев. За свою історію парк зустрічав багато відомих особистостей – від самого мешканця цієї території Г. Квітки до художника І. Айвазовського, який зупинявся в маєтку, що був у парку.

Поступово оранжереї, парк з віковими дубами, струнками соснами, доглянутими алеями приходив у запустіння. Лише у 2020 році відбулась реконструкція старовинного парку: з'явилися фонтани, каскад та акуратний зелений газон, освітлення. Відремонтовані доріжки, дитячі та спортивні майданчики.

Цей парк є єдиною великою зеленою зоною двох довколишніх районів, яка давно вимагала благоустрою (рис. 11).

Карпівський сад розташований між районами Харкова з історичними назвами Карпівка та Новоселівка. В кінці XVIII століття це місце було відомо кожному городянину, оскільки в саду купців Коропових було найкраще джерело. У 1867 році спадкоємці купців продали сад з джерелами, які мали велике значення для водопостачання, місту з умовою, щоб за ним було збережено

назву «Карпівський сад» – воно і понині збережено. Загальна площа – 8,4 га. Сьогодні Карпівський сад, на думку городян Харкова, – найромантичніше місце після «Дзеркального струменя».

На території **Основ'янського району** розташовано 8 парків та скверів, лісові насадження, а також один об'єкт природно-заповідного фонду місцевого значення загальною площею у 181,5 га (рис. 12). Від загальної площі району ці об'єкти зеленої інфраструктури складають лише близько 4%.

Гідрологічний заказник місцевого значення «Крюківський» займає площу у 39,3 га. Підпорядковується Харківській міській раді. Територія цінна зникаючими середовищами існування рослин, які за Бернською конвенцією підлягають охороні.

Лісові насадження у південній частині району називають ще «Основ'янським лісом» з переважно хвойними породами. Площа масиву в межах міста складає 126,6 га. Поряд знаходиться також озеро Основа – колишній піщаний кар'єр. Разом ця територія складає Основ'янський гідропарк. На території озера розташовано пляж та зону відпочинку.

Сквер «Стрілка» знаходиться у районі злиття річок Харків та Лопань. Територію скверу реконструювали кілька разів – перша реконструкція відбулась у 2010 році, друга у 2018 році. На території скверу впорядкована набережна, через річку прокладено пішохідний міст та розташовано човникову станцію. Територія скверу користується великою популярністю серед населення.

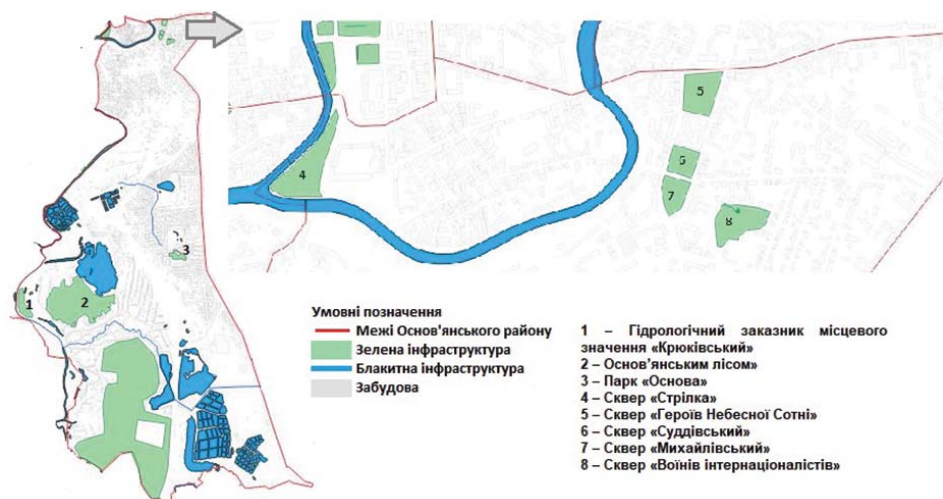


Рис. 12. Зелено-блакитна інфраструктура Основ'янського району

Fig. 12. Green and Blue infrastructure in Osnovyanskiy district

Парк «Основа» розташований у спальному районі міста, поряд з територією парку знаходиться стадіон та корпус УкрДУЗТ.

Окрім цього на території району розташовані невеликі сквери площею не більше 2 га. Це сквери «Воїнів інтернаціоналістів», «Михайлівський», «Червоношкільний», «Героїв Небесної Сотні», «Суддівський».

У **Слобідському районі** основними рекреаційними зонами зеленої інфраструктури є парк «Машинобудівників», «Фентезі-парк», «Велозаводський» сквер та озеленений Жасміновий бульвар (рис. 13).

Фентезі-парк – парк-виставка під відкритим небом, який відкрили у 2021 році на місці старого скверу. Недоліком цього парку є повне закриття території парку з метою охорони виставкових об'єктів. Раніше сквер поєднував вул. Плеханівську та вул. Дніпровську, місцеві жителі використовували сквер для занять спортом, відпочинку, прогулянок з дітьми, як тихе місце, однак тепер через парк можна пройти лише у години його роботи, а експонати мають світло та аудіо-ефекти у вечірній час.

Бульвар Жасміновий представляє собою широку алею, по обидві сторони якої проходить проїжджа частина та житлові будинки. Бульвар з'явився у 60-ті роки ХХ ст. під час забудови мікрорайонів. У західній частині межує через проїжджу частину з територією парку Зустріч.



Рис. 13. Зелено-блакитна інфраструктура Слобідського району

Fig. 13. Green and Blue infrastructure in Slobidskiy district

Парк Машинобудівників був закладений у першій половині ХХ ст., нині площа парку складає близько 100 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. Територія закрыта парканом більше 10-ти років. У 2019 році з'явилося оголошення про продаж цієї ділянки. Цільове призначення за кадастровими даними визначено «будівництво та подальша експлуатація адміністративних, складських, торгових та інших об'єктів комерційного призначення з необхідною інфраструктурою».

Велозаводський сквер розташований поряд з житловими масивами та промисловою зоною у минулому – зараз територія активно забудовується житловими будинками.

Територія парків і скверів складає 2,8% від території району, проте зелену інфраструктуру району забезпечують зелені насадження прибудинкових територій, якими опікуються як комунальні служби, так і місцеве населення.

У **Немишлянському районі** розташовано парк «Зустріч», сквер ім. Б. Хмельницького та озеленений бульвар Юр'єва (рис. 14).

Парк Зустріч було закладено у 70-ті роки. На початку 2000-х частину парку було надано під забудову приватному готелю, а іншу під котеджну забудову, що мало широкий супротив серед місцевого населення, проте безуспішно. Зараз реконструкції парку не проводилось, хоча з 2018 року місцеве населення подавало петиції до міськради. 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.

Бульвар Юр'єва – алея, з однієї сторони якої проходить автомобільна дорога, а з іншої – житлова забудова. Вздовж бульвару розташовані ігрові майданчики, урбан-парк та зони відпочинку. У 2021 році бульвар відкрили після реконструкції.

Сквер імені Б. Хмельницького має площу 4 га. Розташований поряд з приватною малоповерховою забудовою.

Також зелену інфраструктуру району складають ділянки озеленення прибудинкової території, лінійні захисні насадження вздовж транспортних шляхів та насадження на територіях приватної малоповерхової забудови.

Блакитна інфраструктура представлена ділянкою заплави річки Немишля. Немишля – ліва притока річки Харків, простягається по Немишлянському та Салтівському районах м. Харків. В межах міста довжина річки складає близько 13 км. На річці розташовано дві руслові водойми – Краснополянське та Петренківське. Річка Немишля у місті проходить як вздовж приватної малоповерхової забудови, так і вздовж

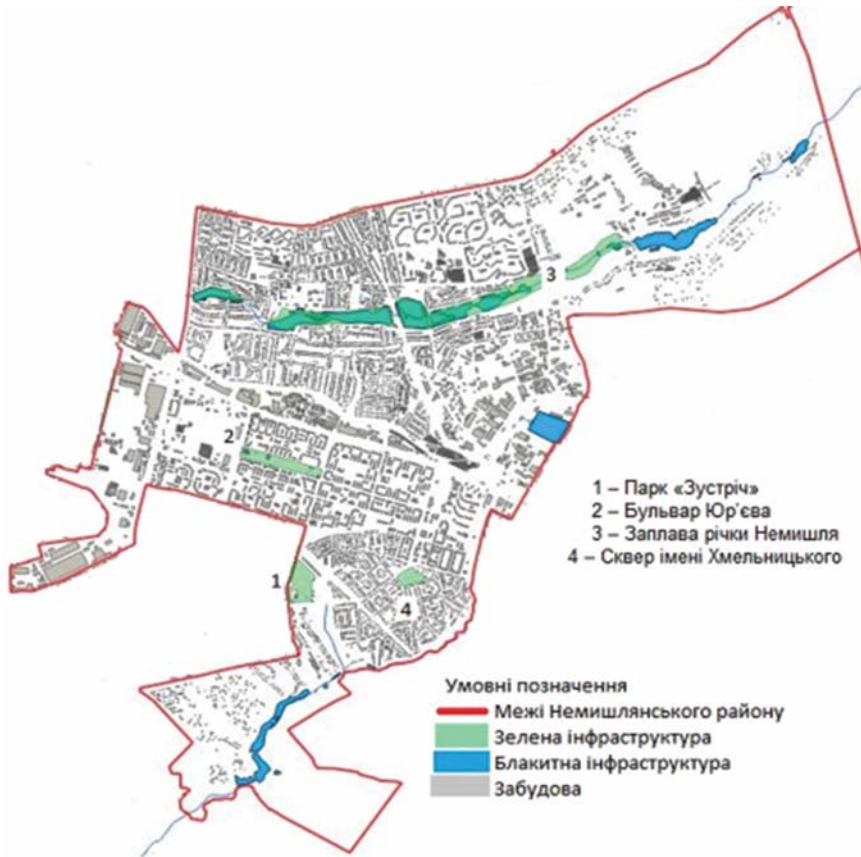


Рис. 14. Зелено-блакитна інфраструктура Немишлянського району

Fig. 14. Green and Blue infrastructure in Nemyshlyanskyi district

промислових підприємств (працюючих та зупинених). Активні роботи з очистки русла та берега річки почалися минулого року силами комунальників та активістів, останні також пропонують створення байдаркового маршруту по річці.

На території **Індустріального району** проектували парки так, щоб дерева підкреслювали архітектурну красу міста, підбирали для озеленення такі породи дерев, які очищують повітря від шкідливих речовин, постачають місту кисень, насичують повітря фітонцидами, осаджують на своєму місці пил та сажу, серед них слід зазначити: акацію білу, липу дрібнолисту, каштани.

Площа зеленої зони в районі займає 1550,63 га, на території два парки, шість скверів, одна зона відпочинку. Площа зелених насаджень дорівнює 3372,4 га, розподіл зелених насаджень 11,3 % (рис. 15).

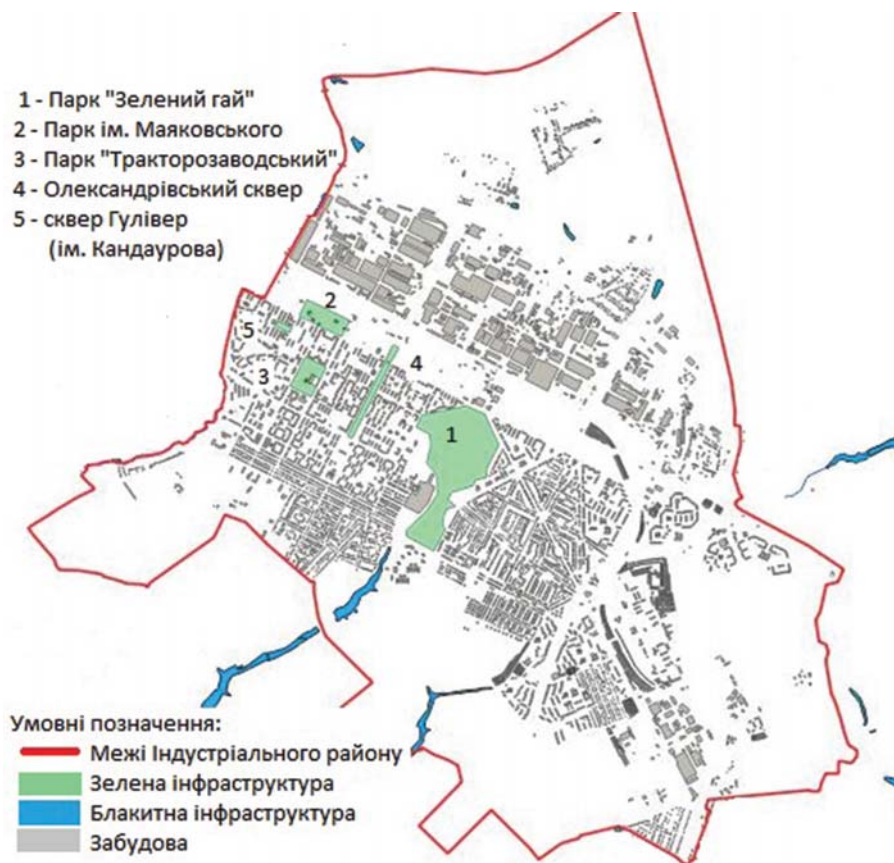


Рис. 15. Зелено-блакитна інфраструктура Індустріального району

Fig. 15. Green and Blue infrastructure in Industrialniy district

Територію сучасного Тракторозаводського парку спланували спочатку як площу біля адміністративного центру району — райради. Після війни під час відновлювальних робіт на цій території посадили сквер, а в 1977 році тут побудували Палац культури і техніки Харківського тракторного заводу.

Новостворений Олександрівський сквер – це колишня бульварна частина проспекту Фрунзе, що розділяла смуги зустрічного руху міського транспорту. Зараз є відомою в районі зоною відпочинку і прогулянок населення. Рослинний склад повністю штучно насаджений.

Парк «Зелений Гай» створено у 1958 році на честь 40-річчя комсомолу та спочатку носив назву «Парк імені 40-річчя ВЛКСМ». На той час він був зразком паркового господарства, містив комплекс атракціонів, тир, автодром. На території парку приймалися



мандруючі «Лунопарки», проводилась низка масштабних заходів, фестивалів тощо.

До 2011 року існував як окреме комунальне підприємство з окремою культурно-масовою діяльністю, проте у 2011 році парк став частиною КП «Об'єднання парків культури і відпочинку м. Харкова». Впродовж довгого часу підтримка діяльності парку була припинена, парк потребував реконструкції. На 2018 рік атракціони зруйнувались та знаходились в аварійному стані, що призвело до їх демонтажу. Крім того, у парку були відсутні комунікації, зокрема освітлення переважної більшості території. Незважаючи на це, парк має неповторний ландшафт та зберігає власну значимість завдяки великій території, місцями схожій на ліс. На території парку проживає велика кількість білок, крім того водяться зайці. У 2019 році розпочались роботи: було встановлено ігровий майданчик для дітей, майданчик для вигулу собак, відремонтовано алею до вул. Миру. У 2020 році роботи продовжились, зокрема було заасфальтовано доріжки, проведено освітлення центральних алей, встановлені лавки та антивандальні урни, обладнано спортивний майданчик та розширено наявний дитячий майданчик.

Природна рослинність зберіглась на південному сході Індустріального району (на окраїнах парків «Зелений гай», та «ім. Маяковського»). Основу паркових насаджень складає перший ярус — дерева, які висаджуються масивами, групами, алеями, окремими поодинокими екземплярами, особливо ті, які відрізняються декоративною кроною або оригінальним забарвленням. Перший ярус представлений такими видами дерев: тополя, береза, липа, акація, клен, дуб. Другий ярус — це дерева другої величини: осока, горобина, верба та ін. Третій ярус представлений кущами — шипшина, вовчегідник Софії та ін. Четвертий ярус складають трав'янистий покрив: подорожник, кульбаба, кропива, конюшина, тюльпан Шренка, росянка, любка дволиста та ін.

Рослинність з густими кронами придатна для посадок вздовж вулиць, тому що поглинає шум, газу, дає тінь і прохолоду. Це характерно для вулиць: проспект Героїв Харкова, вул. Роганська, вул. 12 Квітня, вул. Миру та ін., де висажені такі породи: тополя, клен, липа та ін. (для вулиць з найбільшою кількістю автотранспорту). Кущі збагачують пейзаж фарбами, роблять зелені насадження затишними, добре захищають від пилу і шуму, — вул. Роганська, парки «Зелений гай» та «ім. Маяковського» та ін.

На території Індустріального району, особливо на окраїнах, зустрічаються види рослинності, що занесені до Червоної книги: лук ведмежий, тюльпан Шренка, росянка англійська, переломник Козо полянський, любка дволиста, вовчегідник Софії.

На території приватного сектора Індустріального району виділяються садові ділянки, де висаджені плодово-ягідні дерева (яблуня, груша, вишня, слива, горіх та ін.), також кущі (чорна смородина, біла та червона порічки, малина, агрус): сел. Східне, сел. ім. Фрунзе.

### Салтівський район

Салтівський район – найбільший в Україні «спальний» район міста, що був збудований на другій та третій надзаплавних терасах р. Харків. Тому природна рослинність на його території збереглась лише подекуди в заплаві р. Харків, на боровій терасі та в балках (рис. 16).

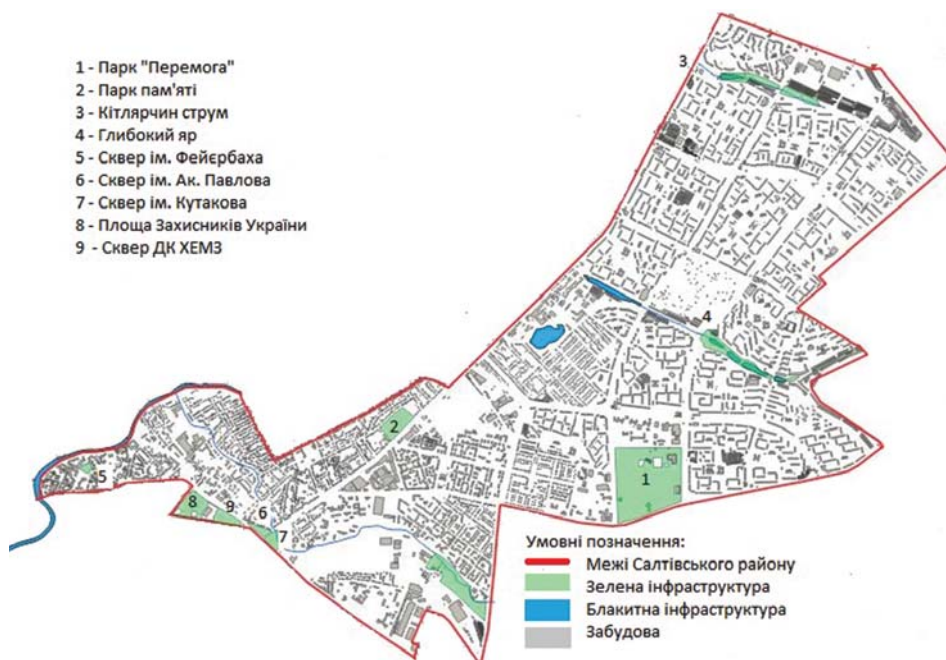


Рис. 16. Зелено-блакитна інфраструктура Салтівського району

Fig. 16. Green and Blue infrastructure in Saltivskiy district

Соснові бори бідні за складом дерево-чагарникових порід. В деревостані переважає сосна звичайна, підлісок виражений слабо, зустрічається тільки невисокий чагарник, ракатник дніпровський, дрон красильний. Заплавні луки розповсюджені в заплавах річок Харків і Немишля. Трав'янистий покрив в районі багатий і представлений в основному піщано-степовими сухолюбами, деякими лісними рослинами і бур'янами.

Окрему групу складають бур'яни, які ростуть повсюди (осот, будяк, пирій); на забруднених і покинутих місцях – полин звичайний, кропива, будяк, ріп'ях, чистотіл, лобода і т. д.; вздовж доріг – кульбаба



лікарська, спориш, різні види подорожника, кубишка жовта і т. д. Деякі бур'яни з'явилися у нас з інших країн (амброзія, дурнишник). Розповсюдженню бур'янів сприяла діяльність людини, особливо сільське господарство. Бур'яни стійкі до зовнішніх природних чинників (перепади температури, заморозки, засухи), швидко розвиваються, здатні розмножуватися декілька раз на рік, мають розтягнутий період проростання насіння і т. д.

Парк Перемога було закладено у 1985 році на честь 40-річчя з Дня Перемоги на території колишніх колективних садів. Площа парку складає близько 45 га. Парк на заході та півдні межує з історичним районом Стара Салтівка. Зараз це естетично впорядкована територія, яка стала рекреаційною зоною, де виділені ділянки для активного відпочинку, – це комплекс каруселей та прогулянкові ділянки (рис. 17).

Окремою групою в районі виділяються сквери Академіка Павлова, ПК ХЕМЗу, площа Захисників України. Традиційно це були ділянки між транспортними магістралями і житловою забудовою, на яких висаджені дерева, що використовувались різними маргінальними особами. За програмою міської влади в останнє десятиріччя повсюдно такі сквери змінилися як з точки зору ландшафтного дизайну, так і особливостей використання населенням (рис).

Однією з особливостей Салтівського району є досить великі площі бедленду, що пов'язане з нерівномірним освоєнням території та сусідством приватної і багатоповерхової забудови. На багатьох ділянках приватних домоволодінь зараз не проживають мешканці, але в очікуванні «знесення» ця територія не продається і не доглядається. Це спричиняє захаращення ділянок.



*Парк Перемога*



*Сквер ПК ХЕМЗ*

Рис. 17. Об'єкти зеленої інфраструктури Салтівського району

Fig. 17. Green and Blue infrastructure sites in Saltivskiy district

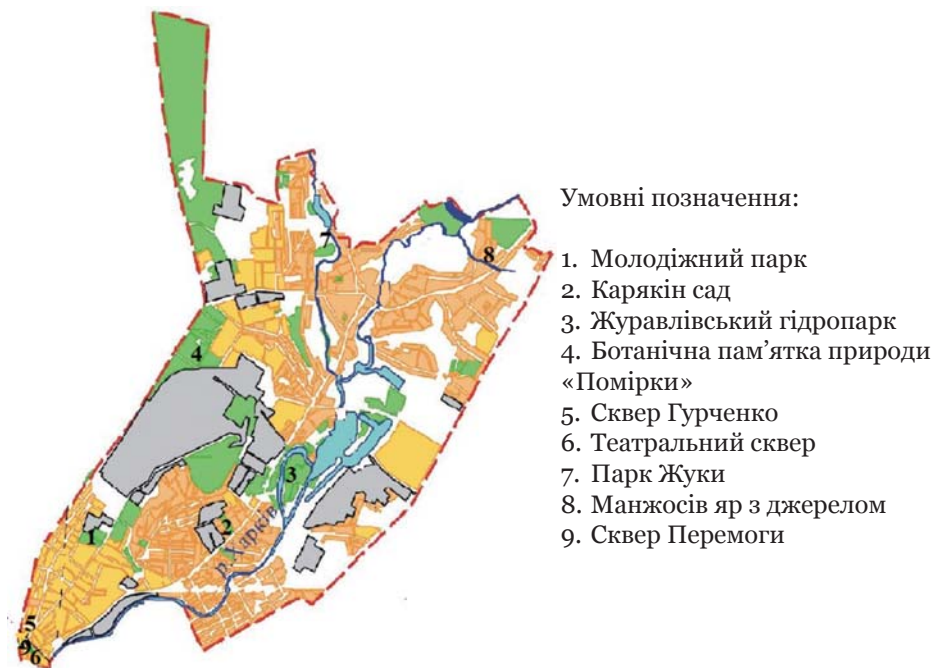


Рис. 18. Основні елементи зеленої інфраструктури Київського району

Fig. 18. Key elements of green infrastructure in Kyivskiy district

Крім того, є ділянки, головним чином по околиці житлових кварталів до кільцевої дороги, які в недавньому минулому були розподілені під приватні городи. З часом вони перестали оброблятися і перетворились у степові ділянки другої генерації, тобто на місці оброблюваних земель. У складі травостою там переважають бур'яни.

Також особливістю «спального» району є відношення мешканців багатопверхівок до прибудинкової території. Майже повсюдно формуванням газонів, клумб і палісадників опікується місцеве населення. Можливо тому ставлення до таких «зелених куточків» більш домашнє і дбайливе.

**Київський район** має значні площі зелених насаджень, але вони пов'язані з розташуванням у його межах давніх міських цвинтарів. Однак рекреаційна складова зеленої інфраструктури також представлена невеликими за площею, але активно використовуваними парками і скверами (рис. 18).

У центральній частині міста зосереджені невеликі за площею, але значимі для населення як з естетичної, емоційної, так і з середовищерегулюючої функції об'єкти, а саме: Сквер Гурченко, Сквер Перемоги і Театральний сквер (рис. 19).



*Сквер Перемоги*



*Театральний сквер*



*Сквер Л. Гурченко*

Рис. 19. Сквери Київського району м. Харків

Fig. 19. Green sites in Kyivskiy district, Kharkiv

Наприклад, Сквер Перемоги знаходиться у самому серці Харкова. Він розташований навпроти Харківського театру опери та балету між чотирма вулицями – Сумською, Чернишевською, Дружин Мироносиць та Скрипника. До 1930-х років тут стояла Мироносицька церква. Потім на цій території збудували тролейбусне депо, яке простояло до самої війни. Сквер на цьому місці було закладено навесні 1946 року за проектом архітекторів А.С. Маяк, В.І. Коржа та А.М. Касьянова. На спорудження скверу із бюджету кошти не виділялися, і харків'яни активно брали участь у роботах зі спорудження скверу, який на той момент стояв у руїнах. У 1947 році у сквері з'явився фонтан-альтанка, що отримала назву «Скляний (Дзеркальний) струмінь». Вона стала візитівкою міста. Біля фонтану збудували басейн, який у 1970-ті роки обнесли гранітним парканом.

Влітку 2007 року було проведено реконструкцію Скляного струменя. Чашу фонтану (яка вміщує 350 тонн води) виклали плиткою, стінки прикрасили мармуром, а також встановили підсвічування. Влітку 2015 року

було проведено чергову реконструкцію скверу, під час якої завершилося будівництво нової Мироносицької церкви. Структура рослинності представлена деревинно-чагарниковою рослинністю з газонним покриттям ґрунту. Використовуються килимові клумби (рис. 19).

Журавлівський гідропарк охоплює територію навколо Журавлівського водосховища на р. Харків. Історія його створення пов'язана з тим, що до ХХ століття річка Харків навесні постійно виходила із берегів. Затоплювала будинки місцевих жителів Журавлівки. Але в 1950 році північна частина річки Харків була реконструйована, внаслідок чого утворився величезний острів – нині центральна частина Харківського гідропарку, що розташувалася по обидва береги річки. У 1976 році розпочалося будівництво великої водойми – «Салтівського моря», яке простяглося від 524-го мікрорайону до Журавлівського гідропарку. Територія гідропарку складається як з природних рослинних асоціацій, так і з штучно висаджених. До переліку більш розповсюджених порід дерев відносять: клен гостролистий, липа дрібнолиста, сосна звичайна.

Ще одна визначна територія – Молодіжний парк, що розташований між вулицями Алчевських і Пушкінською. До другої половини ХХ століття це була територія міського цвинтаря, на якому були поховані визначні харків'яни міста. Після Другої світової війни місця поховання відомих харків'ян взяли під охорону держави, а цвинтар – закрили. На початку 1970-х цвинтар вирішили знести. Деяких відомих харків'ян, у т.ч. академіків Багалія, Бекетова та Потєбню було перепоховано. Залишили лише могили генерал-полковника Гавриїла Зашихіна, драматурга Марка Кропивницького, художника Сергія Васильківського, письменника Петра Гулака-Артемівського. Пізніше тут створили парк. У парку були дитячий майданчик, літній кінотеатр, кафе. На початку 1980-х років через парк провели теплотрасу, а у 1985–1991 роках на території збудували величезний спорткомплекс Політехнічного університету. У 2017 р. парк зазнав оновлення і реконструкції і став однією з улюблених рекреаційних зон студентства.

### **Висновки до розділу**

Харків займає одне з перших місць в Україні за озелененням територій. У місті близько 160 парків, садів і скверів, у т.ч. близько 70 обліковуються міськрадою. Зелена зона міських вулиць – понад 1200 га, більш ніж на 2000 га розкинулася лісопаркова зона. На кожного харків'янина припадає 15,5 м<sup>2</sup> зелених насаджень. Зелені насадження створюють на території міста сприятливі мікрокліматичні і санітарно-гігієнічні умови, мають важливе екологічне значення, виконують димо-, газо-, пилезахисну роль, сприяють боротьбі з шумом, допомагають у функціональній організації міської території, підвищують художню виразність архітектурних ансамблів.



До негативних явищ у м. Харкові треба віднести факт майже повної заміни трав'яного покриву асфальтовим покриттям, лише на невеликих ділянках він залишився у вигляді газонів. Це значною мірою погіршує санітарно-гігієнічний стан міста – пилові забруднення сприяють надходженню в організм важких металів, що стає причиною зростаючої кількості захворювань органів дихання – бронхіти, астма.

Основним видом міських зелених насаджень є парки, що представляють собою багатопланову об'ємно-просторову композицію. Ландшафтна реконструкція існуючих зелених насаджень, проведена у м. Харкові, в останнє десятиріччя не завершилась і постійно підтримується і вдосконалюється зовнішній вигляд парків, скверів, садів тощо. При цьому регулярно відстежуються і зносяться старі, аварійно-небезпечні дерева, вивозиться сміття, проводиться насадження дерев та чагарників, а у лісовій зоні м. Харкова виконуються санітарні рубки. Силами громадськості виконуються великі обсяги робіт з прибирання прибудинкових територій в житлових районах та мікрорайонах і на прилеглих територіях промислових підприємств та санітарно-захисних зон.

### Список використаних джерел до розділу

1. Benedict M. A., McMahon E.T. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities Illustrated Edition. Washington: Island Press, 2006. 320 p.
2. Benedict M. A., McMahon E. T.. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series: Washington, 2001. 36 p.
3. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С.16-25.
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.
5. 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.
6. Про затвердження Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України : Наказ Держ. ком. буд-ва, архітектури та житл. політики України від 24.12.2001 р. № 226 : станом на 17 черв. 2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02#Text> (дата звернення: 29.08.2022).
7. 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. URL: <http://kharkiv.rocks/reestr/288300> (дата звернення: 29.08.2022).
8. Класифікація зелених насаджень у містах. URL: [bibliograph.com.ua/spravochnik-49/6.htm](http://bibliograph.com.ua/spravochnik-49/6.htm).
9. Нормування рекреаційних територій міст. URL: [studopedia.info/1-62614.html](http://studopedia.info/1-62614.html).

10. *Парк Юність*: веб-сайт. URL: [https://ua.igotoworld.com/ru/poi\\_object/76220\\_park-yunost.htm](https://ua.igotoworld.com/ru/poi_object/76220_park-yunost.htm)
11. Харьковская область природа и хозяйство. *Материалы Харьковского отдела Географического общества Украины*. Харьков: ХГУ 1971. Вип. VIII. 248 с.

---

## References to the chapter

1. Benedict, M. (2006). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
2. Benedict, M. A., McMahon, E. T. (2001). *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series.
3. Maksymenko, N. V., Burchenko, S. V. (2019). Theoretical Basis of the Green Infrastructure Strategy: International Experience. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 31, 16-25. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-14>
4. Maksymenko, N., Shpakivska, I., Burchenko, S., Utkina, K. (2022). Green infrastructure in Lviv – example of park zones. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. 25, 1, 37-43.
5. Maksymenko, N., Burchenko, S., Utkina, K., Buhakova, M. (2021). Influence of green infrastructure objects for quality of surface runoff (on the example of green roofs in Kharkiv). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*. 55, 274-284.
6. On the approval of the Instructions for the inventory of green spaces in populated areas of Ukraine: State Order. com. buildings, architecture and housing. of the policy of Ukraine dated 12/24/2001 No. 226: as of June 17 2014 Retrieved from URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02#Text> (access date: 08/29/2022).
7. On the approval of land management projects on the organization and establishment of the boundaries of the recreational territory of the city of Kharkiv «Green zones and green plantings» - Register of acts of the Kharkiv City Council. Register of acts of the Kharkiv City Council. Retrieved from URL: <http://kharkiv.rocks/reestr/288300> (access date: 29.08.2022).
8. Classification of green areas in cities. Retrieved from [bibliograph.com.ua/spravochnik-49/6.htm](http://bibliograph.com.ua/spravochnik-49/6.htm).
9. Standardization of recreational areas of cities .Retrieved from: [studopedia.info/1-62614.html](http://studopedia.info/1-62614.html).
10. Yunost Park. Retrieved from [https://ua.igotoworld.com/en/poi\\_object/76220\\_park-yunost.htm](https://ua.igotoworld.com/en/poi_object/76220_park-yunost.htm)
11. Kharkiv region nature and economy. (1971). *Materials of the Kharkiv department of the Geographical Society of Ukraine*. Kharkiv: KhGU VIII.

## 2.3.2. GREEN INFRASTRUCTURE OF LVIV: HISTORY AND MODERNITY

---

## 2.3.2. ЗЕЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА МІСТА ЛЬВІВ : ІСТОРИЯ І СУЧАСНІСТЬ

**NAZARUK Mykola**

Doctor of geographical sciences, Professor, Professor  
of the RVPR and OP Department, I. Franko Lviv National  
University mm.nazaruk@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0002-1210-9666

The publication reveals the problem of city residents' interaction with nature. The process of interaction of the city's inhabitants with nature is considered as an interchange based on historical parks and landscapes of the city of Lviv. A green ring around the city was formed, taking into account problems and history of the natural landscape and urban ecosystem's transformation.

The authors characterize species composition of green spaces in the city, the role of introducers and exotics in the formation of the city's green zone.

Spatial structure of the modern green zone of the city, its dependence on social factors and residential development has been analyzed in the work. Among the five natural areas, the highest level of greening is in Lviv Roztochchia (80 %) and Horodok Plain (22.28 %), and the lowest is in Lviv hollow (2.99 %) in the suburban area. The fragmentation coefficient is derived for forest parks, parks and squares.

The thematic cartographic computer model made it possible to calculate the shape index (Shape-index), defined as the ratio of width to perimeter. For Lviv, the shape indicator depends significantly on the landscape. It is significantly higher on gently sloping areas (I. Franko, Sknylovsky parks) than on dissected ones (Pogulyanka, Stryyskyi parks).

The analysis of the spatial structure of the green zone in the specified model also related to social indicators, in particular, the distance from them to buildings (residential areas).

**Keywords:** green zone, city of Lviv, historical aspects, spatial analysis.

**НАЗАРУК Микола Миколайович** – доктор географічних наук, професор, професор кафедри РВПР і ОП Львівського національного університету ім. І. Франка, Львів, Україна  
mm.nazaruk@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0002-1210-9666

В публікації розкрито проблему мешканців міста у спілкуванні з природою. Процес взаємодії жителів міста з природою розглядається як взаємозаміна на прикладі історичних парків і ландшафтів міста Львова, через проблеми та історію перетворення природного ландшафту та міської урбосистеми, формування зеленого кільця навколо міста.

Охарактеризовано видовий склад зелених насаджень у місті, роль інтродуцентів та екзотів у формуванні зеленої зони міста.

Здійснено аналіз просторової структури сучасної зеленої зони міста, її залежність від соціальних чинників та житлової забудови. Серед п'яти природних районів найвищий рівень озеленення припадає на Львівське Розточчя (80 %) та Городоцьку рівнину (22,28 %), а найнижчий – на Львівську улоговину (2,99 %), де знаходиться забудова передмістя. Коефіцієнт фрагментації виведено для лісопарків, парків та скверів.

Тематична картографічна комп'ютерна модель дозволила розрахувати показники індексу форми (Шейп-індекс), які визначаються як відношення ширини до периметра. Для Львова показник форми значно залежить від рельєфу, на пологосхилих ділянках (парки ім. І. Франка, Скниловський) він значно вищий, ніж на розчленованих (парки Погулянка, Стрийський).

Аналіз просторової структури зеленої зони у зазначеній моделі стосувався також соціальних показників, зокрема віддаленості від них забудови (житлових масивів).

**Ключові слова:** зелена зона, місто Львів, історичні аспекти, просторовий аналіз.

---

Світова спільнота давно стурбована погіршенням умов життя у містах, спричинених значною концентрацією промислового виробництва. У містах відбулися широкомасштабні економічні та соціальні зміни: виносення промислових виробництв з території міст, що призвело до деіндустріалізації територій, зменшення зайнятості населення невисокої кваліфікації, старіння населення. Концентрація процесів, що з розвитком великих міст сприяє інтенсивному використанню їх центральних частин. Важливим орієнтиром комплексного природно-географічного забезпечення соціально-екологічного розвитку міста у майбутньому є зосередження наукових знань збереження як природної, у поєднанні із нею історичної, етнокультурної, наукової спадщини.

Урбанізовані території сьогодні – це райони із найбільш складною екологічною ситуацією. Розвиток міст непомірно збільшив навантаження на зелені екосистеми та їхнє оточення, порушивши



їхню безперервність, а тим самим і біологічну стійкість часом непродуманими методами безсистемного підходу до вибору територій під забудову. Інтуїтивне ставлення до природного середовища, властиве середньовіччю, сьогодні не може бути основою формування ландшафту міста.

Потреба спілкування з природою у жителів міст, особливо великих, дуже значна. Внаслідок цього міське зелене господарство слід розглядати як один із основних показників благоустрою міста. Правильно розподілені по місту зелені насадження, починаючи від найменшого дитячого майданчика до зеленого поясу, що оточує місто, мають бути пов'язані між собою в одну струнку систему, здатну постачати місту чисте повітря. Таким чином території, що відводяться для зелених насаджень, є суттєвим оздоровчим елементом міста, та розглядати ці території лише як місця відпочинку та розваг було б неправильно. Для старих міст (в т. ч. м. Львів) характерний нерівномірний розподіл зелені. У межах суцільної багатопверхової забудови (у центральних районах) значних масивів парків та садів майже немає. Вони переважно зустрічаються на периферії міста.

Розміщення та вибір видів зелених насаджень повинні мати на меті не тільки забезпечити населення можливістю користуватися парками та скверами в самому місті, а й внести архітектурно виправданий контраст у забудову вулиць та площ. Будь-яка будівля у місті чи група їх значно виграє у сенсі загального враження, якщо архітектура їх доповнена продуманим та високоякісним оформленням зеленню. Концентрація населення на урбанізованих територіях, що збільшується з економічних міркувань, призводить до того, що існуючі зелені насадження в місті є штучним творінням людських рук, що базуються на природних умовах даної місцевості. Сади і парки на кожному етапі історії розвитку суспільства створювалися як «ідеальне» середовище взаємодії людини і природи. Тому історичні парки багато говорять про культуру минулих часів, а ставлення до них формує культуру сучасного міста. Процес цієї взаємодії цікаво простежується на прикладі історичних парків та ландшафту міста Львова. Проблеми та історія перетворення природного ландшафту, озеленення міста Львів, зміни одного з головних його компонентів – рослинного покриву – нерозривно пов'язані з історією розвитку міста. Вони досить розкриті у працях багатьох істориків, архітекторів, географів, зокрема Hladyłowicz J. (1931), Шишова Є. (1954), Рудницький А. (1971), Крип'якевич І. (1964), Кучерявий В. (1981), Назарук Н. (2008), Дудін Р. (2016). Саме ці праці були основними під час підготовки сучасної характеристики зеленої зони міста Львів.

### **Природно історичні аспекти розвитку зеленої зони міста Львова**

Перша згадка про Львів з'явилася у Галицько–Волинському літописі та відноситься до весни 1256 р. (Літопис ..., 1871). Виникло місто у XIII ст. на місці древнього городища, ставши центром Галицько–Волинського князівства. Його заклав Данило Галицький, який назвав місто на честь свого сина Лева. Розташування княжого міста тісно пов'язане із фізикографією місцевості. Воно засновувалося на межі сухого незалісненого подільського берега і залісненої заболоченої заплави Полтви, саме там, де на стику вапняку літотамнієвого виходять багаті горизонти ґрунтових вод. Якість природного середовища львівської улоговини та висока майстерність львівської школи садово–паркового мистецтва кінця XIX століття дозволили створити високу пластичність паркових композицій, вирішити складні інженерно–технічні питання, зберігши при цьому індивідуальні якості ландшафту для кожного паркового об'єкта.

У зв'язку з розширенням міста наприкінці XVIII ст. були розібрані оборонні стіни та вежі, рови засипані, передмістя злилося з містом. Почався активний процес заселення поза середньовічним містом. Забудова розповсюджується спочатку на захід, на лівий берег Полтви, а потім на південь та схід, виникають нові квартали. Населення Львова у 1848 р. досягло 70,3 тис. Змінився ландшафт Львівської Верхньополтвинської улоговини. Річка Полтва з притоками та її заболочена заплава швидко перетворювалися. Береги її в центрі забетонували, разом із дрібними притоками взяли у труби. Нинішні транспортні артерії – проспекти Свободи та Т. Г. Шевченка, площа А. Міцкевича, район оперного театру, які раніше представляли болотисто-торф'янисту місцевість, покритися мостами.

Ущільнилася забудова Галицького та Краківського передмість. За порівняно короткий час різко збільшується площа урбанізованих територій, практично зникає деревно-чагарникова рослинність. Тому цілком природним було бажання городян заповнити природну рослинність, що відступила, озелененням окремих ділянок міста. На цей час



Рисунок 1. Озеленення проспекту Шевченка в різні періоди  
(1906–1939, сучасний вигляд)

Fig. 1. Greening of Shevchenko prospect in various decades (1906–1939, nowadays)



відноситься формування першого зеленого кільця навколо середньовічного міста. «За мурами» з'явилися елементи першого досвіду зеленого будівництва. Місцем посадок стали вирівняні земляні вали. Спочатку створили зелений пояс, що представляє бульвар уздовж правого берега Полтви з рядових посадок пірамідальної тополі, липи та каштану.

У зв'язку зі зростанням міста виникає необхідність впровадження в структуру зелених насаджень міста нових видів. Я. Лангнер (Langner, 1853) називає тут 12 деревних та чагарникових видів, з них чотири екзоти. Після закриття русла Полтви у 1890 р. на місці скверу виник нинішній широкий бульвар. Другий зелений пояс простягся вздовж північної околиці середньовічного міста. Розриті земляні вали сплановані і закладено сквер. Вже в 50-х роках XIX ст. у ньому зростало 57 порід, у тому числі 15 екзотів, його активно відвідувало міське населення.

У зв'язку зі зростанням міста виникає потреба у великому парковому масиві. Першим міським парком став колишній Єзуїтський сад (нині парк ім. Івана Франка), який після ліквідації у 1773 р. ордену Єзуїтів перейшов у власність міста. У 1779 р. міська влада здала міський сад в оренду підприємцю І. Гехту з умовою утримувати його в такому стані, щоб використовувати для відпочинку городян. Сад був реконструйований у регулярному стилі. У 1885 р. парк перейшов під безпосередній нагляд міського магістрату та за участю садівника К. Бауера був перепланований у ландшафтному стилі з однією лише характерною для регулювання парків парадною центральною алеєю. У 80-ті роки XVIII ст. роздано нижню партерну частину із декоративною вазою посередині. Наприкінці XVIII ст. розбито ще один парк – Стара Стрільниця – на східних горбистих підступах до Високого Замку. У 1823 р. проф. Вітман заклав у західній частині парку невеликий ботанічний сад, який тут проіснував кілька років (Цибух, Щербина, 1963). У 1835 р. почалося будівництво парку Високий замок. Перед початком будівництва трохи вище скверу «На валах» закладено розплідник. Колишні піщані та кам'яні кар'єри вирівняли та частково засипали ґрунтом, який привозили з заплави Полтви, з місця закладан-



Рисунок 2. Озеленення проспекту Свободи в різні періоди  
(1916–1939, сучасний вигляд)

Fig. 2. Greening of Svobody square in various decades (1916–1939, nowadays)

ня фундаменту нинішнього театру ім. М. Заньковецької. Одночасно зрушили в яр ґрунт із вершини Княжої гори. Це було перше потужне переміщення ґрунту та фактичне зникнення з горбистого ландшафту Львова цілої гори. Восени 1839 р., як повідомляє О. Чоловський, гору повністю спланували і заліснили, головним чином, хвойними деревами. У 1853 р. у насадженнях вже налічувалося понад 45 видів дерев та чагарників. На схилах гори зростали ялина, сосна, біла акація, береза, бузини чорна та червона, клен гостролистий, клен - явір, ясен, каштан, ліщина, шипшина. Своєрідний підсумок піввікового озеленення Львова підбив Я. Лангнер (Langner, 1853). Його робота представляє велику цінність, оскільки містить опис видового складу аборигенних та чужоземних деревних і чагарникових порід, що застосовуються в міському озелененні, допомагає встановити, якими шляхами йшов процес відновлення зруйнованого природного середовища, зокрема створення культурних фітоценозів.

Дев'яності роки XIX ст. Були періодом підготовки до великої крайової виставки у Львові, якою уряд Австро-Угорської імперії хотів показати світові, як розвиваються її околиці. Тоді виникла ідея створення на території виставки великого парку. **Роботи з його будівництва почалися дома існуючих цвинтарних посадок і пустирів за сім років до відкриття виставки – в 1887 р.** Керував будівництвом інспектор міських плантацій, талановитий парковий архітектор Арнольд Рерінг. Достоїнством закладеного А. Рерінгом садово-паркового об'єкта (парк Килинського, нині Стрийський) є створення рослинних угруповань, що зустрічаються в природних лісових насадженнях.

Приблизно в ці ж роки за участю А. Рерінга створюють Личаківський парк, сквери на площах (нині Б. Хмельницького та Возз'єднання), на вулицях (Дарвіна, Клепарівська), озеленюють вулицю Личаківську, Міцкевича, Шевченка, Зелену та ін. У 1905 р. у південно-східній частині міста на двох крутих пагорбах, сполучених у верхній частині рівним плато, розбивають парк Залізні води (27,5 га). Основою його створення був природний буковий ліс. На території парку спостерігається вихід мергелів, які зумовили появу численних джерел. Наявність у них заліза і дала парку своєрідну назву. Створення зелених насаджень загального користування було хорошим прикладом для озеленення приватних та громадських будівель. У 1870–1895 рр. створено сквери перед багатьма школами та лікарнями.

Наприкінці XIX ст. з'являється план з'єднання окремих зелених насаджень на околиці міста в єдине кільце. Проте міський магістрат нічого не зробив для його реалізації. Тому значні території пустирів залишалися довгі роки не залісненими, вони піддавалися ерозії. Слід зазначити позитивний досвід озеленення піщаних розсипів на західній околиці мі-



ста – біля Голоско та у Брюховичах. Під Голоском, за даними І. Крип'якевича, були широкі піщані простори, які на початку XIX ст. були обліснені. Р. Шупп ( Schupp, 1905 ) повідомляє, що територія легких пісків, заліснена протягом 1820–1837 рр., займала в Брюховичах 180, а в Голоско – 120 га, насадження склалися з сосни з домішкою ялини.

На особливу увагу заслуговує історія створення в місті арборетумів, які служили базою акліматизації та інтродукції екзотів. Багато зробили для організації дендраріїв науковці Львівської лісової школи – В. Тинецький, С. Соколовський та Ш. Вердак (Третьяк, 1954), а також завідувач кафедри ботаніки та фізіології рослин сільськогосподарської академії у Дублянах професор М. Рациборський. За даними А. А. Щербини (1951), багато екзотів та садово-гібридних форм потрапляло до Львова з розплідника Бруницького, закладеного в 1892 р. у с. Підгірці під Стриєм на площі 55 га. Саджанці, придбані у цьому розпліднику, склали багату колекцію дендропарку у с. Вишня під Рудками, що у колишньому маєтку польського драматурга А. Фредра.

Однією з помітних робіт садово-паркового будівництва до радянського періоду можна назвати будівництво Академічного бульвару (проспект Т. Г. Шевченка). Створено його в результаті реконструкції запущеного скверу проти нинішньої будівлі Облпрофради. У довоєнний період роботи з благоустрою Львова вели лише в центральній частині міста та у районах садибної забудови.

Післявоєнний відновний етап пов'язаний з ліквідацією наслідків фашистської окупації, під час якої було завдано великої шкоди зеленим насадженням та приміським лісам. Вже 1946 р. всі парки упорядковані. Почали озеленяти Пагорб Слави, благоустрій Личаківського парку та будівництво нових скверів. Розширюють Стрийський парк, створюють парк Студентів вулиці Сахарова (колишня Суворова). Тільки протягом 1946–1950 рр. у парках, скверах та на вулицях міста трест зеленого будівництва висадив 34 187 дерев та 137 772 декоративні чагарники. Однак площа насаджень у перші повоєнні роки зростала дуже повільно – 3-5 га на рік. У цей час переважно ремонтували старі парки та створювали невеликі сквери на місці колишніх руїн, звалищ та пустирів.

Протягом 1951–1955 рр. площа зелених насаджень зросла на 60 га. За цей час збудовано дитячий сектор Стрийського парку, Студентський парк на Вулицьких пагорбах, парк культури та відпочинку ім. Б. Хмельницького, парк на Левандівці. Наприкінці 1955 р. заклали парк ім. 700-річчя Львова. Окрім того, створили 18 скверів. Великі озеленювальні роботи велися на пагорбах Розточчя, на той час було створено Шевченківський гай. В озелененні використовували ширший, ніж у попередні роки, асортимент дерев та чагарників – 85 видів, різновидів

та форм. У зелених зонах висаджували головним чином дерева та чагарники п'яти-, восьмирічного віку. Тільки при створенні Шевченківського гаю та Кульпарківської зеленої зони, які на той час були віддалені від забудови та їх досить рідко відвідувало міське населення, застосовували дворічні саджанці. До кінця 1955 р. площа насаджень загального користування становила 300 га. (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка зростання зелених насаджень громадського користування у Львові (1934–1955 рр.)

| Показник   | 1934*  | 1938*  | 1945** | 1950** | 1955** |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| Загальна площа зелених масивів, га                       | 140,64 | 178,70 | 273    | 485    | 1200   |
| Зелені масиви і насадження громадського користування, га |        | -      | 273    | 287    | 995    |

Джерело: \* – *Lwow 1934-1939 Drogi rozwojowe gospodarki miejskiej*. s.33.

\*\* – *ЛОДА П ф. 4. оп. 4-6. од. зб. 2, арк. 69.*

У процесі виконання комплексного плану розвитку зеленої зони Львова 1956–1965 рр. намітився новий етап розвитку зеленого будівництва, який проявлявся у широкому використанні найкращих зразків садово-паркового мистецтва, зокрема ландшафтного стилю, застосуванні в оформленні міст та селищ, газонів, багаторічних квітів, красиво квітучих чагарникових та кущових рослин. З'явилися нові принципи та прийоми озеленення міста, суть яких полягала у поєднанні міських насаджень з природним оточенням, створенні сприятливих умов для життя населення при розміщенні зелених об'єктів усюди, де живе, працює та відпочиває людина (табл.2).

Таблиця 2

Кількість і площа парків, скверів і бульварів у місті  
(станом на 1.01.1956 року)

| № з/п | Парк                  | Площа, га | № з/п            | Лісопарки, бульвари, сквери | Площа, га |
|-------|-----------------------|-----------|------------------|-----------------------------|-----------|
| 1     | Стрийський            | 44,0      | <b>Лісопарки</b> |                             |           |
| 2     | Залізна Вода          | 30,5      | 1                | Поголянка                   | 90,0      |
| 3     | Високий Замок         | 36,0      | 2                | Замарстинів                 | 30,0      |
| 4     | Культури і відпочинку | 26,7      | 3                | Клеп арів                   | 26,0      |
| 5     | Кульпарківський       | 13,0      | 4                | Холм Розточчя               | 82,0      |
| 6     | Студентський          | 10,0      | 5                | Голоско велике              | 115,0     |



|    |  |      |                 |                         |      |
|----|--|------|-----------------|-------------------------|------|
| 7  | Ім. І. Франка                                | 12,0 | <b>Бульвари</b> |                         |      |
| 8  | ОБО та Охматдиту                             | 10,5 | 1               | Першого травня          | 3,0  |
| 9  | Левандівка                                   | 8,0  | 2               | Проспект ім. Шевченка   | 0,2  |
| 10 | Ім. Леніна                                   | 7,0  | 3               | Привокзальний           | 2,0  |
| 11 | Холм Слави                                   | 6,0  | 4               | Радянський              | 2,3  |
| 12 | Партизанів                                   | 2,0  | 5               | Підвальный              | 1,0  |
| 13 | На торфах                                    | 2,0  | 6               | ім. Маяковського        | 2,0  |
| 14 | Гірська закрита частина<br>Стрийського парку | 12,0 | <b>Сквери</b>   |                         |      |
|    |  |      | 1-65            | 65 скверів з охопленням | 17,6 |

Джерело: ЛОДА П ф. 4, оп. 4-6, од. зб.2 арк. 72. Оригінал.

Прийоми вільного планування, які лягли в основу містобудування, дозволили здійснити новий метод озеленення та благоустрою житлових районів. Окремі озеленені ділянки всередині кварталів є єдиною системою, об'єднаною з масивом мікрорайонного парку, де серед зелені розміщуються місця відпочинку, майданчики для ігор та спорту. Отже, насадження обмеженого призначення фактично стають насадженнями масового користування. Розвитку просторового ансамблю зелених насаджень сприяють алейні посадки, які грають одночасно велику санітарно-гігієнічну та естетичну роль.

Великий обсяг робіт з озеленення виконаний в селітебній частині міста. До цього періоду відноситься будівництво одного з найбільших міських парків – парку Дружби (пл. 56 га), створеного на місці закритих глиняних кар'єрів цегельних заводів. Нижнє та верхнє плато спланували у регулярному, схили – ландшафтному стилі. У ньому зібрано 118 екзотів та садово-гібридних форм. На нижньому плато закладено сад безперервного цвітіння, композиції якого утворюють красиво квітучі дерева, чагарники та представники лісової трав'яної флори. Ландшафтні ділянки парку утворюють групи з ялини колючої, берези, а також чисті газони (Каплан, 1964). Протягом десяти років (1956–1965 рр.) у місті площа зелених насаджень у межах зеленої зони Львова збільшується майже на 1000 га, у тому числі загального користування – 132 га. У ці роки велика увага приділяється вдосконаленню внутрішньоквартальних насаджень. Усі вільні від налаштування, дорожнього покриття та лінійних комунікацій простору озеленюють.

У ботанічних садах та декоративних садових формах, за даними проф. В. П. Кучерявого, у середині XIX ст. дендрофлору зелених насаджень міста було представлено 21 родиною. Через сто років кількість їх

збільшилась у 2,5 рази. Більшість видів були аборигенами, екзоти у насадженнях становили лише 21 %. Сьогодні екзоти у міських насадженнях становлять 81,4 % [133]. Деревні та чагарникові види, що ростуть на території міської зеленої зони, походять з різних ботаніко-географічних зон земної кулі. Найбільше видів належить до Європейсько-Сибірської (139) і Східноазіатської (225) флористичних областях Голарктики, найменше (42) – до Середноморської. Близько 15% інтродукованих видів походить з Північної Америки, у тому числі Атлантична підобласть представлена 49, а Тихоокеанська – 72 видами. Найбільше екзотів та декоративних форм зафіксовано у період масового озеленення міст у 50 – 70-х роках. Потім цей процес почав уповільнюватися з кількох причин:

1. Наслідком згорання інтродукційної діяльності міських декоративних россадників.

2. Через прояви біолого-екологічних властивостей деревних та чагарникових рослин у несприятливих умовах міського середовища.

3. Через перенасичення парків, садів та скверів екзотами, які почали витісняти з насаджень стійкі до несприятливих умов середовища декоративні аборигенні види.

4. Недостатнє фінансування науково-дослідних робіт та виділення коштів на озеленення.

В результаті вивчення життєвості інтродуцентів було зафіксовано, що в парках добре відновлюються біла акація, ясен зелений, клен-явір, насіння яких привнесене з навколишніх насаджень і добре проростає (табл.3).

Таблиця 3

## Найбільш визначні вікові дерева досліджених парків

| № з/п | Назва виду, культивара   | Місце знаходження | Вік, роки | Висота, м | Окружність, см | Діаметр стовбура, см | Санітарний стан |
|-------|--------------------------|-------------------|-----------|-----------|----------------|----------------------|-----------------|
| 1     | ясен звичайний           | Стрийський парк   | 200       | 28        | 520            | 166                  | добрий          |
| 2     | дуб білий                | —                 | 150       | 20        | 222            | 71                   | задов.          |
| 3     | ясен звичайний           | —                 | 150       | 22        | 405            | 129                  | добрий          |
| 4     | бук лісовий ф. пурпурова | —                 | 150       | 28        | 388            | 124                  | добрий          |
| 5     | бундук дводомний         | —                 | 120       | 22        | 250            | 79                   | добрий          |



|    |                             |                       |     |    |     |     |          |
|----|-----------------------------|-----------------------|-----|----|-----|-----|----------|
| 6  | дуб звичайний               | —“—                   | 300 | 20 | 485 | 154 | задов.   |
| 7  | дуб звичайний               | —“—                   | 300 | 25 | 520 | 166 | добрий   |
| 8  | клен сріблястий             | —“—                   | 150 | 22 | 336 | 107 | задов.   |
| 9  | ясен звичайний              | Парк ім.<br>І. Франка | 200 | 25 | 410 | 131 | добрий   |
| 10 | дуб звичайний               | —“—                   | 300 | 26 | 490 | 156 | задов.   |
| 11 | дуб звичайний               | —“—                   | 300 | 28 | 412 | 131 | задов.   |
| 12 | дуб звичайний               | —“—                   | 300 | 27 | 420 | 134 | добрий   |
| 13 | ясен звичайний              | —“—                   | 200 | 26 | 468 | 149 | добрий   |
| 14 | гірकोкаштан<br>звичайний    | Личаківський<br>парк  | 120 | 22 | 390 | 124 | задов.   |
| 15 | клен гостролистий           | —“—                   | 120 | 25 | 370 | 118 | задов.   |
| 16 | липа дрібнолиста            | —“—                   | 120 | 22 | 276 | 88  | задов.   |
| 17 | граб звичайний              | —“—                   | 120 | 22 | 201 | 64  | незадов. |
| 18 | ялина європейська           | —“—                   | 120 | 30 | 233 | 74  | добрий   |
| 19 | липа дрібнолиста            | «Залізна вода»        | 150 | 22 | 314 | 100 | задов.   |
| 20 | ясен звичайний              | —“—                   | 150 | 23 | 315 | 100 | добрий   |
| 21 | дуб звичайний               | —“—                   | 150 | 25 | 356 | 113 | добрий   |
| 22 | бук лісовий                 | —“—                   | 150 | 24 | 380 | 121 | задов.   |
| 23 | граб звичайний              | —“—                   | 150 | 18 | 288 | 92  | незадов. |
| 24 | клен-явір                   | —“—                   | 150 | 24 | —   | 103 | задов.   |
| 25 | дуб звичайний               | «Високий<br>замок»    | 170 | 18 | 309 | 99  | добрий   |
| 26 | бук лісовий ф.<br>пурпурова | —“—                   | 170 | 26 | 377 | 120 | добрий   |
| 27 | клен-явір                   | —“—                   | 170 | 20 | 303 | 97  | задов.   |
| 28 | липа дрібнолиста            | —“—                   | 170 | 28 | 310 | 98  | задов.   |
| 29 | гірकोкаштан<br>звичайний    | —“—                   | 170 | 26 | 328 | 104 | добрий   |
| 30 | ясен звичайний              | «Стара<br>стрільниця» | 120 | 22 | 259 | 83  | добрий   |
| 31 | гірकोкаштан<br>звичайний    | «Цитадель»            | 150 | 20 | 339 | 108 | незадов. |
| 32 | робінія звичайна            | —“—                   | 120 | 19 | 339 | 108 | незадов. |
| 33 | клен гостролистий           | —“—                   | 120 | 20 | 330 | 105 | задов.   |

## Просторовий аналіз сучасної зеленої інфраструктури міста

У наш час основною метою функціонування садів та парків є забезпечення соціально-функціональних потреб населення за збереження ландшафтно-природної цілісності території та її об'ємно-просторової виразності. Теоретико-методичні засади проектування паркових насаджень базуються на розумінні їхньої складної відкритої системи. До ознак цих систем слід віднести цілісність, здатність ділитися на підсистеми, ієрархічність будови та відкритість, тобто активну взаємодію з навколишнім середовищем. Багато міських насаджень (парків, скверів, бульварів, вуличних алей) перебувають у віці старіння і потребують власної консервації, реставрації та реконструкції. Назріла необхідність розробки нових проектів розвитку комплексних зелених зон міста прогнозу не менш як на 50 років (період переходу основної маси зелених насаджень післявоєнного періоду у вік старіння).

Згідно з дослідженнями та рекомендаціями європейських експертів, планувальні аспекти відіграють значну роль у розвитку зелених зон. Планування їх у містах спирається на низку законодавчих вимог та планувальні інструменти (плани міст, програми, спеціалізовані «зелені» проекти), а також на широке залучення різних груп населення та землекористувачів зелених територій. Важливою метою при цьому залишається забезпечення виконання зеленими зонами екологічних та соціально-економічних функцій, що сприяє поліпшенню життя міського населення.

Територіальне планування є важливою складовою в загальному плануванні зелених зон. З територіальним плануванням пов'язують дотримання критеріїв зв'язності для зеленої інфраструктури, а також їх об'єднання із зовнішніми зеленими зонами. Плани (схеми) територіального планування зелених територій є частиною планів розвитку міст, спеціалізованих програм. Все більшу роль у територіальному плануванні та моніторингу зелених зон відіграють розробки, що ґрунтуються на використанні ГІС-технологій.

Практика планування зелених зон у містах Західної та Центральної Європи свідчить, що обов'язковим є облік екологічних, соціальних та економічних функцій для міського середовища. Екологічні функції зеленої інфраструктури міста пов'язані з підтримкою якості повітря, підземних та поверхневих вод. Соціальна складова зелених зон передбачає забезпечення доступності цих об'єктів мешканцям із різних верств населення, а також рекреаційних та освітніх функцій. В економічному аспекті об'єкти зеленої зони розглядаються з погляду можливості розвитку різних видів підприємницької діяльності, зокрема «зеленого бізнесу».

Особливо важливим щодо цього є дотримання у територіальному плануванні певних стандартних показників. Наприклад, оцінку виконання зеленими зонами екологічних вимог можна здійснити,



*Ботанічний сад Національного  
лісотехнічного університету*



*Ботанічний сад Львівського  
національного університету  
ім. І. Франка*



*Парк ім. І. Франка*



*Стрийський парк*

Рисунок 3. Елементи сучасної зеленої інфраструктури м. Львів

Fig. 3. Elements of modern green infrastructure in Lviv

використовуючи такі показники, як ступінь озеленення та фрагментація (ізоляційність та пов'язаність) зелених масивів. Для визначення соціальних критеріїв зелених зон у територіальному аспекті застосовують показники віддаленості житлової забудови до зелених територій.

Місто Львів відносять до міст України з гарною забезпеченістю зеленими насадженнями – 38 м на одну особу. На території, зайняті зеленими насадженнями, припадає близько 1/3 площі міста. Протягом останніх 10 років у місті створено нові парки, зокрема ім. Папи Римського Івана Павла II, парк «Благовіщення», новий об'єкт природно-заповідного фонду – ботанічна пам'ятка природи дендропарк Бенедикта Дибовського. Згодом загальна площа парків збільшилася на 9,78 га.

Для Львова – одного з найзеленіших міст України – було проведено оцінку територіальної структури зеленої зони за екологічними та соціальними критеріями з використанням ГІС-технологій. Визначалися показники озеленення, особливості фрагментації (контурність та індекси форм парків, лісопарків та скверів), а також показники віддаленості забудови від зелених об'єктів (рис. 4).

Для оцінки екологічної складової просторової структури зеленої зони міста визначалися коефіцієнти озеленення в кількох варіантах: у загальній площі, у забудованій площі та для основних природних регіонів. Загальний коефіцієнт озеленення з урахуванням комп'ютерної моделі становив 28,8% від загальної площі.

Серед п'яти природних районів найвищий рівень озеленення припадає на Львівське Розточчя (80 %) та Городоцьку рівнину (22,28 %), а найнижчий – на Львівську улоговину (2,99 %), де знаходиться забудова передмістя. Коефіцієнт фрагментації виведено для лісопарків, парків та скверів. Значна контурність (полігональність) властива паркам та скверам, де кількість полігонів (фрагментація) становить 92, а середня площа полігону (ступінь фрагментації) – 11,7 га. Тематична картографічна комп'ютерна модель дозволила розрахувати показники індексу форми (Шейп-індекс), які визначаються як відношення ширини до периметра. Чим більший коефіцієнт шейп-індексу, тим оптимальніші умови для виконання об'єктами зелених зон екологічних функцій. Для Львова показник форми значно залежить від рельєфу, на пологосхилових ділянках (парки ім. І.Франка, Скниловський) він значно вищий, ніж на розчленованих (парки Погулянка, Стрийський) (табл.4).




Таблиця 4

Складові зеленої інфраструктури м. Львів, га (на 01.01.2020 р.)

| Насадження                               | Площа, га   |
|--|-------------|
| <i>Загального користування, у т. ч.:</i> | 1466,0      |
| Парки                                    | 470,0       |
| Лісопарки                                | 509,9       |
| Сквери                                   | 48,0        |
| Бульвари                                 | 7,6         |
| Зони відпочинку                          | 211,5       |
| <i>Інші об'єкти</i>                      | 219,0       |
| Спеціального призначення                 | 481,0       |
| Внутрішньоквартальні                     | 1386,0      |
| Обмеженого користування                  | 921,0       |
| Вуличні                                  | 135,0       |
| Ботанічні сади                           | 17,0        |
| Квіткові господарства                    | 13,0        |
| <b>Разом</b>                             | <b>4419</b> |



*Умовні позначення:*

-  Озера
-  Парки, лісопарки, сади, меморіальні парки
-  Історична квартальна забудова
-  Малоповерхова забудова з присадибними ділянками
-  Інша забудова
-  Промислова територія
-  Залізничні колії
-  Основні автомобільні дороги

*Легенда:*

- 1.Регіональний ландшафтний парк "Знесіння"
- 2.Парк "Високий Замок"
- 3.Кортумова гора
- 4.Янівський цвинтар
- 5.Парк на вулиці Повітряній
- 6.Парк імені Ів.Франка
- 7.Сади Святоюрського ансамблю
- 8."Цитадель"
- 9.Парк імені Б.Хмельницького
- 10.Стрийський парк
- 11.Студентський парк
- 12.Горіховий гай
- 13.Парк "Залізна вода"
- 14.Парк "Україна"
- 15.Погулянка
- 16.Личаківський цвинтар
- 17.Личаківський парк
- 18.Брюховицький лісопарк

Рисунок 4. Зелена інфраструктура міста Львова

Fig. 4. Green infrastructure in Lviv

Аналіз просторової структури зеленої зони у зазначеній моделі стосувався також соціальних показників, зокрема віддаленості від них забудови (житлових масивів).

За результатами моделювання на території міста виділено три зони віддаленості житлових масивів від об'єктів зелених територій: з близькою (0-700 м), середньою (700-1500 м) та значною (понад 1500 м) віддаленістю. Більшість (75 %) житлової забудови характеризується близькою віддаленістю (0-700 м) від зелених зон (парків та скверів) та суттєва частина житлової забудови (близько 25 %) з великою віддаленістю (близько 700 м) від зелених об'єктів. Це зумовлює важливість забезпечення в перспективній територіальній політиці щодо зеленої інфраструктури процесів вирівнювання зелених площ у різних частинах міста, забезпечення пов'язаності об'єктів зеленої зони та створення оптимальної доступності їх мешканцям основних районів.

Комплексна зелена зона як система міських та приміських насаджень Львова відрізняється тим, що всі її ландшафти знаходяться на рівні антропогенного впливу, хоча мають багато подібних елементів. При цьому практично немає фізичного кордону між природними ландшафтами та приміськими територіями. Нині основною метою функціонування садів та парків є забезпечення соціально-функціональних потреб населення за умови збереження ландшафтно-просторової цілісності. В останнє десятиліття проблематика перспективного планування зеленої зони міста Львова є об'єктом посиленої уваги регіональних та місцевих органів влади, проектних та наукових інституцій. Теоретико-методологічні основи проектування паркових насаджень базуються на розумінні їхньої складної відкритої системи. До основних рис цих систем слід віднести цілісність, можливість поділу на підсистеми, ієрархічність будови та відкритість, тобто активну взаємодію з навколишнім середовищем. Зелена зона міста – найбільш динамічний елемент природного середовища – слід розглядати як єдиний цілісний планувальний організм. Тільки за такого підходу можна забезпечити екологічну рівновагу у складних міських системах, підвищити біологічну ефективність зелених насаджень. Формування садово-паркової системи нових районів забудови вимагає розробки науково-ландшафтних обґрунтувань з метою виявлення природних характеристик цих районів та створення неповторності образу як забудови, так і нових паркових комплексів, використовуючи при цьому принцип історичної спадкоємності традицій у садово-парковому мистецтві.

Багато міських насаджень потребують консерваторських заходів: власне консервації, реставрації та реконструкції. З метою оптимізації природного середовища міста слід особливу увагу приділити заходам



щодо адаптації історичних парків до нових умов середовища, чітко виділивши межі парків та зон особливого режиму реконструкції із заборонаю у межах висотної забудови. Назріла необхідність розробки нових проєктів розвитку комплексних зон міста з прогнозом не менше 50 років (періоду переходу основної маси зелених насаджень післявоєнного періоду у вік старіння).

---

### Список використаних джерел до розділу

1. Каплан С. М. В основі – ландшафтний стиль озеленення. Міське господарство України, 1964, №4. с. 15.
2. Кучерявий В. А. Зеленая зона города. Киев:Наук. думка,1981. 248 с.
3. Кучерявий В. П. Ландшафтна архітектура: підручник. Львів: Новий Світ-2000, 2017. 521 с.
4. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць. Львів: Світ, 2005. 454 с.
5. Львів: Природа навколо нас / Назарук М. М., Галушка А. М., Партика Н. В. та інші; за заг. ред. М. М. Назарука. Львів: Коло, 2016. 208 с.
6. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія/ за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. 592 с.
7. Назарук М. М. Львів у XX столітті: соціально-екологічний аналіз: моногр. Львів: Укр.акд. друкарства, вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. 348 с.
8. Остапенко Б. Ф., Жирнов А. Д. Озеленение населенных мест. Харьков: ХСХИ им. Докучаева, 1973. 210 с.
9. Charewicrowa L. Wodociagi starogo Lwowa, 1404 -1663. Lwow: 1934, s. 6 -15
10. Hladyłowicz J. Zmiany krajobrazow ziemi lwowskiej od polowy XY do poczatku XX wieku. Lwow: 1931. 136 p.

---

### References to the chapter

1. Kaplan, S. M. (1964). The basis is the landscape style of landscaping. Urban economy of Ukraine, 4, 15.
2. Kucheryavy, V. A. (1981). The green zone of the city. Kyiv: Nauk. Dumka, 248.
3. Kucheryavy, V. P. (2017). Landscape architecture: textbook. Lviv: "New World-2000", 521.
4. Kucheryavy, V. P. (2005). Landscaping of populated areas. Lviv: "Svit", 454.
5. Nazaruk, M. M., Galushka, A. M., Partyka, N. V. & Zinka, Y. V., Senchyna, B. V., Koinova, I. B., Kret, M. E. (2016). Lviv: Nature around us. Lviv: Kolo, 208.
6. Nazaruk, M. M. (Ed.). (2018). *Lviv region: natural conditions and resources: monograph*. Lviv: Stary Lev Publishing House, 592.
7. Nazaruk, M. M. (2008). *Lviv in the 20th century: socio-ecological analysis*: monogr. Lviv: Ukr.akd. printing, ed. center of LNU named after Ivan Franko, 348.
8. Ostapenko, B. F., Zhirnov, A. D. (1973). *Greening of populated areas*. Kharkiv: KHSKHY named after Dokuchaeva, 1973. 210 p.
9. Charewicrowa L. (1934). *Wodociagi starogo Lwowa*, 1404 -1663. Lwow: 1934, 6-15.
10. Hladyłowicz J. *Zmiany krajobrazow ziemi lwowskiej od polowy XY do poczatku XX wieku*. Lwow: 1931. 136 p.

### **2.3.3. GEOECOLOGICAL FEATURES OF THE GREEN-BLUE INFRASTRUCTURE OF THE TERNOPIL CITY**

---

### **2.3.3. ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ТЕРНОПІЛЬ**

#### **TSARYK Lubomyr**

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical  
University, Maxyma Kryvonisa str.2, Ternopil, Ukraine.  
tsarykl55@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-0944-1905>

#### **KUZYK Ihor**

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical  
University, Maxyma Kryvonisa str.2, Ternopil, Ukraine.  
prikol\_3339@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0001-7939-7423>

**Abstract.** The analysis and assessment of the geoeological parameters of the green-blue infrastructure of the Ternopil city showed that its basis is the local econetwork of the city. It has been established that the area of green-blue infrastructure of the Ternopil city is 2322.5 ha, 47% of which is included in the structure of the econetwork. The highest share in the structure of the green-blue infrastructure of the Ternopil city is occupied by parks with a total area of 450 hectares and a recreational capacity of 13 037 people. Forests in the structure of the green infrastructure of the Ternopil city occupy 15,4%, with a total



area of 357 hectares and a recreational capacity of 17 850 people. The blue infrastructure of the Ternopil city is represented by a reservoir with an area of 300 hectares and the River Seret. The recreational capacity of water facilities in the Ternopil city is 5500 people. The recreational capacity of the key territory of the local econetwork of the city - the regional landscape park «Zagrebella» – is determined separately, which is 30 thousand people. The estimated total recreational capacity of the green-blue infrastructure of the Ternopil city is 66 000 people (30% of the city's population). In addition to the recreational potential of the green-blue infrastructure of the Ternopil city, the ecological potential is important - the production of oxygen by natural biogeocenoses of the urboecosystem. It was established that the structural elements of the green-blue infrastructure of the Ternopil city produce 22 thousand tons of oxygen during the year. In addition to the fact that the green-blue infrastructure of the Ternopil city performs a number of important ecological and recreational functions, it has several problems. The main geoeological problems of the green-blue infrastructure of the Ternopil city, are: shortage of green spaces and their tendency to decrease, pollution of water bodies, imperfect system of landscape planning of the city, low recreational capacity of green areas, minimal use of innovative forms of landscaping and a high probability of flooding the city territory.

**Key words:** green-blue infrastructure, Ternopil city, eco-network, recreational capacity.

**ЦАРИК Любомир Петрович** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Україна, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, tsarykl55@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0944-1905>

**КУЗИК Ігор Романович** – доктор філософії (PhD), асистент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Україна, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, prikol\_3339@ukr.net <https://orcid.org/0000-0001-7939-7423>

**Анотація.** Аналіз та оцінка геоєкологічних параметрів зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль показав, що її основою є локальна екомережа міста. Встановлено, що площа зелено-блакитної інфраструктури м. Тернопіль становить 2322,5 га, з яких 47% входить до складу екомережі. Найвищу частку в структурі зелено-блакитної інфраструктури міста Тернополя займають парки з їх загальною площею 450 га і рекреаційною місткістю 13 037 осіб. Ліси у структурі зеленої інфраструктури міста Тернополя займають 15,4%, загальною площею 357 га та рекреаційною місткістю 17 850 осіб. Блакитна інфраструктура Тернополя представлена водосховищем площею 300 га та р. Серет. Рекреаційна потужність водних об'єктів м. Тернополя становить 5500 осіб. Рекреаційна ємність ключової території локальної екомережі міста – регіонального ландшафтного парку «Загребелла», який становить 30 тис. осіб. Розрахункова загальна рекреаційна ємність зелено-блакитної інфраструктури міста Тернополя становить 66 000 чоловік (30% населення міста). Крім рекреаційного потенціалу зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль важливий екологічний потенціал – виробництво кисню природними біогеоценозами урбоєкосистеми. Було встановлено, що структурні елементи зелено-блакитної інфраструктури м. Тернополя виробляють 22 тис. тонн кисню протягом року. Крім того, встановлено, що зелено-блакитна інфраструктура міста Тернопіль виконує низку важливих екологічних і рекреаційних функцій, вона має кілька проблем. Основні

геоекологічні проблеми зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль є: дефіцит зелених насаджень та їх тенденція до зменшення, забруднення водойм, недосконала система ландшафтного планування міста, низька рекреаційна ємність зелених зон, мінімальне використання інноваційних форм озеленення та висока ймовірність підтоплення території міста.

Ключові слова: зелено-блакитна інфраструктура, місто Тернопіль, екомережа, рекреаційна місткість.

---

**Вступ.** Сучасні тенденції урбанізації та збільшення антропогенного навантаження у містах зумовлюють необхідність детальнішого вивчення природної складової урбоекосистем. Підходи та методології, які використовуються у ландшафтному плануванні [8, 9], управлінні природними ресурсами та охороною навколишнього середовища урбанізованих територій, ґрунтуються на використанні концепції «зелено-блакитної інфраструктури». У країнах Європейського Союзу практика наукових досліджень зелено-блакитної інфраструктури населених пунктів набула широкого розповсюдження [26, 29, 30, 32]. У контексті дослідження адаптації міст до змін клімату, стійкого розвитку урбоекосистем, зелено-блакитна інфраструктура відіграє ключову роль. У нашому дослідженні пропонуємо інтегрувати геоекологічний підхід до вивчення локальної екомережі та комплексної зеленої зони міста, виокремивши принципово нову модель зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль.

Виходячи із вище сказаного, *об'єктом* нашого дослідження обрано природні та природно-антропогенні комплекси урбоекосистеми Тернополя. *Предметом* виступають функціональні особливості та геоекологічний стан елементів зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль. *Метою* дослідження є визначення геоекологічних параметрів та оцінка потенціалів структурних елементів зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль.

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.** Напрямок наукових досліджень зелено-блакитної інфраструктури в Україні сьогодні лише формується. Теоретичні підходи та методологічні концепції аналізуються науковцями в контексті ландшафтного планування [8, 9], екологічних мереж [18], інноваційного озеленення [2], адаптації міст до змін клімату [15], вивчення гідроекологічної складової урбоекосистем тощо. Важливий внесок у розвиток теоретико-методологічної бази дослідження зеленої інфраструктури зробили Н. В. Максименко і С. В. Бурченко [10]. У дослідженні проаналізовано та узагальнено міжнародний досвід, встановлено регіональні відмінності та виявлено перспективи використання стратегії зеленої інфраструктури в Україні. Роль «блакитно-зеленої» інфраструктури в адаптації міст до змін клімату вивчала Л. І. Рубан [14, 15]. Сучасні ас-



пекти інноваційного озеленення, переваги застосування зелених дахів як елементу зеленої інфраструктури розкрито у дослідженні А. А. Гречко [2].

Основою зелено-блакитної інфраструктури міста є локальна екомережа. Геоекологічні аспекти та особливості формування екомережі м. Тернопіль висвітлено у публікаціях Царика Л. П. і Царика П. Л. [18, 19]. У дослідженнях обґрунтовано та охарактеризовано ключові території [19], сполучні території [22] та буферні зони локальної екомережі. Значна увага комплексній зеленій зоні міста Тернопіль, структурі лісопаркових насаджень приділено у дослідженнях Кузика І. Р. [4, 5, 6]. На прикладі гідромережі міста Львова як елемент блакитної інфраструктури О. Т. Пахолок досліджувала природний каркас міста [11]. Гідрографічні особливості блакитної інфраструктури міста Тернопіль охарактеризовано у публікації Царика Л. П., Кузика І. Р., Янковської Л. В. [21]. Проблеми функціонування урбоекосистеми в умовах аномальних погодно-кліматичних умов досліджував колектив авторів під керівництвом проф. Л. П. Царика і проф. І. П. Ковальчука [31].

**Виклад основного матеріалу.** Місто Тернопіль розташоване на заході правобережної частини України в межах Подільської височини на висоті 300-350 м над рівнем моря. Займає площу 59,0 км<sup>2</sup> (5900 га), що становить 0,4% території області. Географічні координати Тернополя – 49°30' пн.ш. та 25°35'сх.д. (рис. 1). Станом на 2020 рік кількість



Рис. 1. Розташування м. Тернопіль у Європейському географічному просторі

Fig. 1. Location of Ternopil in the European geographical space

населення у місті становила 220° 300 осіб. Тернопіль – адміністративний центр Тернопільської області та Тернопільської міської об'єднаної територіальної громади [16].

Зелено-блакитна інфраструктура міста – одна із найважливіших планувально-просторових елементів сучасних урбоєкосистем, оскільки забезпечує і підтримує екологічні параметри навколишнього середовища. У нинішніх кризових параметрах середовища життєдіяльності населення її оптимізація, відновлення безпечного екологічного стану є пріоритетним завданням. Тенденції розвитку великих міст демонструють ущільнення забудови, розгалуження транспортної інфраструктури, створення малих інфраструктурних об'єктів за рахунок зелених насаджень, частка яких невпинно скорочується. Так, у м. Тернопіль станом на 1994 рік частка зелених насаджень складала 34 %, станом на 2022 рік – 17% [4]. Така тенденція не просто є небезпечною з позиції дотримання геоекологічного балансу, вона є загрозливою для здоров'я населення.

Тому сучасні концепції мали б сприяти просторово-функціональній оптимізації зелено-блакитної інфраструктури як цілісної підсистеми функціонування урбоєкосистеми. Безумовно, що основою такої підсистеми має слугувати локальна екомережа міста, схема якої є офіційно затвердженою органами місцевого самоврядування (у Тернополі від 2012 року). Згідно зі схемою локальної екомережі зелено-блакитна інфраструктура складає її базові структурні елементи (рис. 2). Структурними елементами екомережі міста, її ключовими територіями є: регіональний ландшафтний парк (РЛП) «Загребелля», парк «Національного відродження», заказник «Чагарі Кутківецькі». Сполучними територіями – долина річки Серет, права притока Серету, що протікає поблизу вказаного заказника, і ліва притока р. Рудка, частково каналізована у середній течії. Паркові комплекси: парк ім. Т. Шевченка, Парк «Сопільче» входять до складу буферних територій Серетської сполучної території [22]. Відновлювані території навколо ключових та вздовж сполучних територій. Загалом площа екомережі міста охоплює зелено-блакитну інфраструктуру на площі 1106 га. Заповідність території міста складає 12,6 %.

Окрім структурних елементів локальної екомережі, до зелено-блакитної інфраструктури м. Тернопіль відносяться зелені насадження загального користування – це, насамперед, вже згадувані парки, а також сквери і бульвари; зелені насадження обмеженого користування (насадження житлових районів, приватної забудови, закладів освіти, охорони здоров'я, культурно-дозвільних і спортивних установ тощо); зелені насадження спеціального призначення (санітарно-захисні зони,



Рис. 2. Схема локальної екомережі м. Тернопіль [18]

Fig. 2. Scheme of local eco-network in Ternopil [18]

насадження вздовж доріг та автомагістралей). Окрему складову зеленої інфраструктури міста формують міські ліси, газони, а також пасовища, сіножаті і багаторічні насадження. Блакитна інфраструктура міста Тернопіль представлена річкою Серет, яка протікає з північного заходу на південний схід, водосховищем, розташованим на річці, та двома притоками р. Серет, одна з яких каналізована (р. Рудка). Загальна площа гідрологічних об'єктів Тернополя становить 338,8 га. Найбільшу частку (88,5 %) займає водосховище, значно менші площі мають природні водотоки і струмки (табл. 1) [21].

Таблиця 1

Структура блакитної інфраструктури м. Тернопіль [21]

| Водосховища | Ставки  | Природні водотоки (річки, струмки) | Штучні водотоки (канали, колектори) |
|-------------|---------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 300 га      | 20,8 га | 14,0 га                            | 4,0 га                              |
| 88,5 %      | 6 %     | 4 %                                | 1,5 %                               |



Рис. 3. Тернопільське водосховище з фрагментом РЛП «Загребелля»

Fig. 3. Ternopil reservoir with a part of regional landscape park «Zagrebella»

Акваторія Тернопільського водосховища площею 300 га разом із масивом Кутківцевого лісу площею понад 300 га формують ключову територію (природне ядро) в межах регіонального ландшафтного парку «Загребелля» (рис. 2), яка займає центрову позицію в екомережі міста, у тому числі як елемент зелено-блакитної інфраструктури. Це місце масового відпочинку мешканців міста [19]. За оцінками П. Л. Царика та І. Р. Кузика, потенційні рекреаційні ресурси РЛП складають близько 30 тис. осіб [20].

Тернопільське водосховище – штучна водойма у центрі міста. Тернопіль – єдине в Україні та одне з кількох міст у світі, в центрі якого є штучна водойма [16]. «Тернопільський став» – це класична модель внутрішньої водойми в урбанізованому середовищі [3]. Тернопільське водосховище було заповнене у 1956 році. Площа водосховища 300 га, довжина – 3 км, середня ширина – 0,887 км, максимальна глибина – 12 м (середня глибина – 5 м), нормальний підпірний рівень (НПР) – 303,5 м, середній багаторічний стік – 147 млн м<sup>3</sup>, розрахунковий обсяг річної корисної віддачі – 16,7 млн м<sup>3</sup> (табл. 2) [3].



Таблиця 2

Основні гідрометричні параметри  
Тернопільського водосховища [22]

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Площа                                       | 300 га                     |
| Об'єм                                       | 10 750 тис. м <sup>3</sup> |
| Середня глибина                             | 5 м                        |
| Максимальна глибина                         | 12 м                       |
| Середня ширина                              | 0,887 км                   |
| Довжина                                     | 3 км                       |
| Нормальний підпірний рівень (НПР)           | 303,5 м                    |
| Середній багаторічний стік                  | 147 млн м <sup>3</sup>     |
| Розрахунковий обсяг річної корисної віддачі | 16,7 млн м <sup>3</sup>    |

За хімічним складом у воді Тернопільського водосховища переважають звислі речовини, кальцій, сульфати, магній та хлориди. Тернопільське водосховище піддається серйозним екологічним ризикам, йому загрожує навіть небезпека зникнення. Найбільшою проблемою є застоюваність води. Про це свідчить те, що верхні шари мають температуру більше 16°C, коли на дні – лише 4°C. У водосховищі є підводні ями, в них вода застоювана роками. На дні за 40 років накопичилось чимало токсичного мулу, утворились так звані геохімічні аномалії. У водосховищі вміст окремих елементів в десятки разів перевищує норму. У воді фіксується великий вміст аміаку, свинцю, сполук фосфору тощо. Намули акумулювали елементи важких металів [3].

Варто відзначити, що окрім великих водних об'єктів важливу роль у блакитній інфраструктурі міста Тернопіль відіграють локальні штучно створені гідроспоруди, зокрема фонтани, яких у місті нараховують близько 20 (рис. 4). Більшість із них діючі, обладнані підсвіткою і працюють щодня на замкненому циклі, починаючи із травня місяця по жовтень. Фонтани працюють у певному режимі, у дощову та вітряну погоду не працюють. Ряд фонтанів представлені у ресторанних комплексах міста.

У структурі зелено-блакитної інфраструктури м. Тернопіль водні об'єкти становлять близько 14 %, найбільшу частку займають парки – 20 %. У місті Тернопіль функціонує 5 парків відпочинку, які разом із РЛП «Загребелля» (без водосховища) займають площу 450 га [17].

«Старий парк» – один із найдавніших (закладений у 1977 році) паркових масивів Тернополя, заповідний об'єкт – парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення. Площа парку складає 7 га, рівень озеленення – 67,7 %, середній вік насаджень – 50-60 років.



Рис. 4. Фонтани міста Тернопіль

Fig. 4. Fountains in Ternopil

Парк «Сопільче» – найбільший парк м. Тернопіль, площею 60 га, офіційно відкритий у 1985 році як гідропарк. Сьогодні це парк відпочинку, розташований у південно-західній частині міста (рис. 5) між житловими мікрорайонами «Дружба», «Оболоня», «Поділ» і «Центр». Особливістю парку залишається наявність на його території великої кількості штучних каналів, ставків та островів. Рівень озеленення території парку складає 80,4 %, середній вік насаджень – 30-40 років [17].

Парк «Національного відродження» закладений у 1978 році між житловими мікрорайонами «Східний», «Сонячний» і «Канада» (рис. 5). Межі парку практично проходять по вулиці 15 квітня, проспектах Злуки і Степана Бандери. Загальна площа паркового масиву становить 45 га, рівень озеленення – 79 %, середній вік насаджень – 30-40 років. Як уже зазначалося вище, парк «Національного відродження» є ключовою територією локальної екомережі міста Тернопіль. Парк є перспективним заповідним об'єктом, претендує на статус парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва [17].

Парк ім. Т. Шевченка розташований уздовж східного узбережжя Тернопільського водосховища між вулицями Білецькою, Грушевського та Замковою (рис. 5). Створено парк на місці заплави річки Серет у 1953 році. Загальна площа парку становить 18 га, рівень озеленення – 54,5 %,



Рис. 5. Схема розміщення парків м. Тернопіль

Fig. 5. Location of parks in Ternopil

середній вік насаджень – 40-60 років. Найменшим за площею у м. Тернопіль є парк «Здоров'я», який входить до складу РЛП «Загребелля». Загальна площа парку становить 0,37 га, рівень озеленення понад 80 % [17].

Розрахована нами рекреаційна ємність парків м. Тернопіль становить 13037 осіб. Для парку «Сопільче» – 6000 осіб, для парку «Національного відродження» – 4500 осіб, для парку ім. Т. Шевченка – 1800 осіб, для «Старого парку» – 700 осіб і для парку «Здоров'я» – 37 осіб (табл. 3) [5]. За результатами раніше проведених розрахунків встановлено, що екологічно допустима рекреаційна ємність Тернопільського водосховища становить 3000 осіб. Тоді як ємність офіційних пляжів водосховища складає 1000 осіб, а всієї берегової смуги близько 2,5 тис. осіб. Таким чином, одночасно на відпочинку біля води у м. Тернопіль максимум може перебувати 5500 осіб, це близько 2,5 % населення міста [20].

До зелених насаджень загального користування, окрім парків, належать також сквери і бульвари, які виконують роль так званих «екологічних осей» у структурі зелено-блакитної інфраструктури міста. У м. Тернопіль нараховується 10 скверів і 5 бульварів загальною площею 16 га [17], що становить менше 1 % площі зелено-блакитної інфраструктури міста. Значно більші площі у м. Тернопіль займають зелені насадження обмеженого користування (321 га) та зелені насадження спеціального

призначення (433 га), що відповідно становить 13,8 % і 18,6 % зеленої інфраструктури міста. У структурі зелених насаджень обмеженого користування найбільшу площу займають насадження житлової забудови (235,5 га), закладів освіти (52 га) та охорони здоров'я (30,6 га) [17].

Таблиця 3

Максимально допустима одночасна кількість відвідуваності парків міста Тернопіль [5]

| Назва парку                      | Площа парку, га | Максимально допустима кількість одночасних відвідувачів, осіб на 1 га | Максимально допустима кількість одночасних відвідувачів на весь об'єкт, осіб |
|----------------------------------|-----------------|---|--|
| Парк «Сопільче»                  | 60,0            | 100   | 6000   |
| Парк «Національного відродження» | 45,0            | 100   | 4500   |
| Парк ім. Шевченка                | 18,0            | 100   | 1800   |
| «Старий парк»                    | 7,0             | 100   | 700  |
| Парк «Здоров'я»                  | 0,37            | 100   | 37   |

У структурі зелених насаджень спеціального призначення переважають санітарно-захисні зони, площа яких у місті становить 334 га. Площа зелених насаджень вздовж доріг та автомагістралей у м. Тернопіль становить 83,5 га. Рівень озеленення вулиць міста складає 65 %. Окремою групою зелених насаджень спеціального призначення є насадження на території кладовищ. У місті Тернопіль нараховується 5 офіційних кладовищ загальною площею 30,6 га. Орієнтовний рівень їх озеленення складає 50 % [17].

Найважливішим з функціональної (екологічної, рекреаційної) точки зору у структурі зелено-блакитної інфраструктури міста є ліси. У м. Тернопіль площа лісів становить 357 га [6], що складає 15,4% площі зеленої інфраструктури міста. У структурі лісових насаджень міста Тернопіль переважають ліси I групи (198 га), близько 40 га займають чагарники і 8 га – полезахисні лісосмуги. Рекреаційна ємність лісів м. Тернопіль становить 17 850 осіб [5]. Тобто у лісах Тернополя одночасно можуть відпочивати лише 8 % населення, тоді як згідно з науково обґрунтованими нормами [13] у країнах помірному клімату 30 % мешканців міста повинні мати можливість одночасно перебувати (відпочивати) у лісових масивах в межах населеного пункту.

Іншою категорією природних угідь, які входять до складу зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль, є газони (15 га), пасовища (340 га) і сіножаті (51,5 га) [6]. Усі ці категорії земель – ліси, газо-

ни, пасовища, сіножаті, зелені насадження, багаторічні насадження, водні поверхні відграють важливу екологічну роль у функціонуванні урбоєкосистеми. Основними функціями структурних елементів зелено-блакитної інфраструктури міста є підтримання киснево-вуглекислого балансу. Для оцінки балансу кисню урбоєкосистеми Тернополя нами розраховано загальну кількість кисню, яку продукують природні біогеоценози зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль. При цьому врахували усереднені показники щорічного виробництва кисню лісами та іншими групами зелених насаджень (у тому числі багаторічними насадженнями) 1000 т/км<sup>2</sup>; газонами, пасовищами і сіножатями 500 т/км<sup>2</sup>; водною поверхнею 100 т/км<sup>2</sup> [12]. Проведені розрахунки кількості виробництва кисню біогеоценозами міста показали, що за рік зелено-блакитна інфраструктура м. Тернопіль продукує 21 815 т кисню. Найбільше кисню продукують зелені насадження – 13 310 т, ліси продукують 3570 т, багаторічні насадження – 2560 т, газони, пасовища і сіножаті – 2035 т, водні поверхні – 340 т (рис. 6).

Аналіз геоекологічних параметрів природних та природно-антропогенних комплексів урбоєкосистеми Тернополя дозволяє зробити висновок, що загальна площа зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль становить 2322,5 га, що складає близько 40 % території міста (табл. 4). Понад 47,5 % площі зелено-блакитної інфраструктури міста входить у структуру локальної екомережі Тернополя. Найвищу частку у структурі зелено-блакитної інфраструктури м. Тернопіль займають парки (20 %), понад 18 % займають зелені насадження спеціального

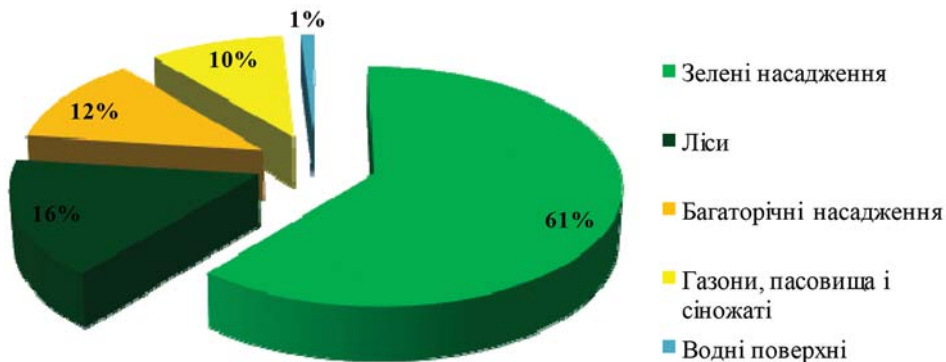


Рис. 6. Продукування кисню структурними елементами зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль

Fig. 6. Oxygen production by various structural elements of Green and Blue infrastructure in Ternopil

призначення, 17,5 % – газони, пасовища і сіножаті, 15 % – ліси та 14 % – зелені насадження обмеженого користування. Блакитна інфраструктура складає 15 %, у якій значну частку становить Тернопільське водосховище.

Таблиця 4

## Структура зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль

|                                       |  | Площа, га     |  |
|---------------------------------------|--|---------------|--|
|                                       |  | Загальна      | У тому числі у структурі локальної екомережі |
| <b>Зелена інфраструктура</b>          | Парки                                      | 450,0         | 415,0  |
|                                       | Сквери                                     | 10,5          | -  |
|                                       | Бульвари                                   | 5,5           | -  |
|                                       | Зелені насадження обмеженого користування  | 321,0         | -  |
|                                       | Зелені насадження спеціального призначення | 433,0         | -  |
|                                       | Ліси                                       | 357,0         | 234,0  |
|                                       | Газони, пасовища і сіножаті                | 406,5         | 143,0  |
| <b>Блакитна інфраструктура</b>        | Тернопільське водосховища                  | 300,0         | 314,0  |
|                                       | Інші ставки                                | 21,0          |  |
|                                       | Природні водотоки і річки                  | 14,0          |  |
|                                       | Штучні водотоки                            | 4,0           |  |
| <b>Зелено-блакитна інфраструктура</b> |  | <b>2322,5</b> | <b>1106</b>                                  |

Таким чином, основу зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль формують ліси і лісопаркові насадження, зелені насадження обмеженого використання та спеціального призначення, водні об'єкти, зокрема річка Серет і Тернопільське водосховище (рис. 7). Виходячи з цього, можна стверджувати, що природний каркас урбоєкосистеми Тернополя не є достатньо розгалуженим. Мінімальні площі інноваційних форм озеленення, відкритих штучних водних поверхонь, висока щільність забудови зменшує стійкість зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль до антропогенного навантаження та створює додаткові екологічні ризики її функціонування.

Отже, в ході проведеного дослідження нами встановлено, що основними геоecологічними проблемами зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль є:

- тенденції зменшення площ зелених насаджень у місті [4];

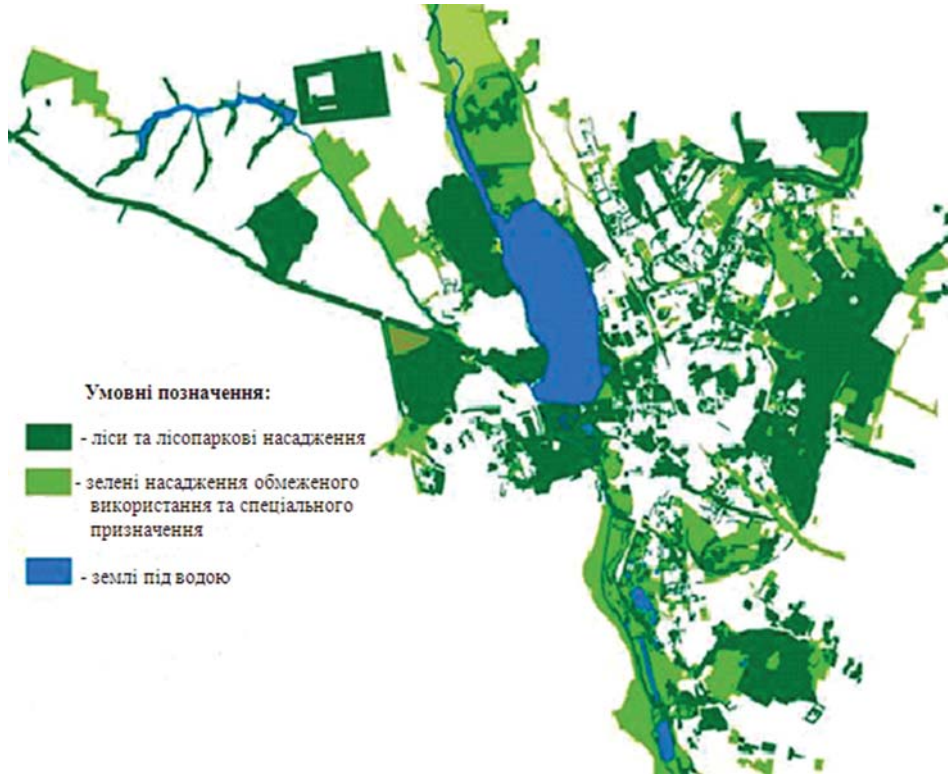


Рис. 7. Екологічний каркас – зелено-блакитна інфраструктура міста Тернопіль

Fig. 7. Ecological framework – Green and Blue infrastructure in Ternopil

- дефіцит зелених насаджень у лісопарковій частині комплексної зеленої зони міста Тернопіль [6];
- незаконні вирубки та захоплення зелених зон міста під будівництво житлових та комерційних будівель;
- забудова прибережних захисних та водоохоронних зон Тернопільського водосховища і річки Серет [21];
- незадовільний екологічний стан Тернопільського водосховища [21];
- висока ймовірність підтоплення міських територій та зелених зон [31];
- антропогенізація відкритих природних земель, особливо у центральній частині міста та новобудовах;
- високий середній вік насаджень зеленої інфраструктури міста;

- мінімальне використання інноваційних форм озеленення міста: мобільне та контейнерне озеленення, зелені дахи, стіни тощо;
- низька рекреаційна ємність паркових зон та водних об'єктів міста [5];
- недосконала система ландшафтного планування міста, ведення будівельних робіт без врахування норм природоохоронного законодавства;
- поява інвазивних видів та шкідників у межах зелених зон міста.

**Висновки.** Проаналізувавши геоекологічні особливості зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль, встановлено, що її площа складає 2322,5 га. Близько 47 % площ зелено-блакитної інфраструктури входить до локальної екомережі міста. Найвищу частку у структурі зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль займають парки, загальною площею 450 га та рекреаційною ємністю 13037 осіб. Ліси у структурі зеленої інфраструктури міста Тернопіль займають 15,4 %, загальною площею 357 га та рекреаційною ємністю 17850 осіб. Блакитна інфраструктура м. Тернопіль представлена, в основному, водосховищем площею 300 га та природними водотоками, зокрема річкою Серет. Встановлено, що рекреаційна ємність водних об'єктів Тернополя складає 5,5 тис. осіб. Таким чином загальна рекреаційна ємність зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль, включаючи РЛП «Загребелля», становить близько 66 тис. осіб (30 % населення міста). Окрім рекреаційного потенціалу зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль, важливим є екологічний – продукування кисню природними біоценозами урбоєкосистеми. Встановлено, що структурні елементи зелено-блакитної інфраструктури міста Тернопіль впродовж року продукують близько 22 тис. тонн кисню. Попри те, що зелено-блакитна інфраструктура міста Тернопіль виконує ряд важливих екологічних та рекреаційних функцій, їй притаманні геоекологічні проблеми. Зокрема, дефіцит зелених насаджень і тенденції до їх зменшення, забруднення водних об'єктів, недосконала система ландшафтного планування міста, мінімальне використання інноваційних форм озеленення (зелені дахи, контейнерне озеленення), поява інвазивних видів та шкідників тощо.

### Список використаних джерел до розділу

1. Байдіков І. А., Пащенко В. М. Ландшафтний каркас як просторова й структурна основа екомережі. *Український географічний журнал*. 2004. №3. С. 44-50.
2. Гречко А. А. Досвід та переваги застосування зелених дахів як елементу зеленої інфраструктури. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2022. Випуск 26. С. 32-42. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-03>

3. Грубінко В. В., Гуменюк Г. Б., Волік О. В., Свинко Й. М., Макартні Ф. М. Екосистема зарегульованої водойми в умовах урбанавантаження (на прикладі Тернопільського водосховища). Тернопіль: редакційно-видавничий відділ ТНПУ ім. В.Гнатюка, 2013. 202 с.
4. Кузик І. До проблеми сталого функціонування комплексної зеленої зони міста Тернополя. *Вісник Тернопільського відділу Українського географічного товариства*. №1(1). 2017. С. 38-42.
5. Кузик І. Оцінка функціонально-просторових параметрів комплексної зеленої зони міста Тернопіль. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені І.Огієнка. Серія «Екологія»*. 2020. №5. С. 58-69. DOI:10.32626/2519-8955.2020-5.58-69
6. Кузик І. Р., Царик Л. П. Геоекологічна оцінка структури комплексної зеленої зони міста Тернопіль та її оптимізація. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Випуск 34. С.8-18. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-01>
7. Кучерявий В. П. Зелена зона міста. К.: Наукова думка, 1981. 248 с.
8. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування: теорія і практика. Монографія. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2017. 216 с.
9. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування як підґрунтя управлінських рішень про надання екосистемних послуг. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2016. № 45. С. 153-158.
10. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. Випуск 31. С. 16-25. DOI: [0.26565/1992-4224-2019-31-02](https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02)
11. Пахолок О. Т. Гідромережа як природний каркас під час формування зеленої зони міста Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. №24.3. С.101-105.
12. Прищепя А. М. Екосистемні послуги зелених насаджень урбосистем. Наукові доповіді НУБіП України. Біологія, біотехнологія, екологія. 2019. №1 (77). DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovid2019.01.004>
13. Районная планировка / под ред. В. В. Владимірова. М.: Стройиздат, 1986. 325 с.
14. Рубан Л. І. Адаптаційна модель «блакитно-зеленої» інфраструктури міста. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2018. Випуск 52. С. 230-237.
15. Рубан Л. І. Принципи планування «блакитно-зеленої» інфраструктури міста: адаптація до змін клімату. *Transfer of Innovative Technologies*. 2020. Vol. 3, №16 47-50.
16. Тернопіль інвестиційний паспорт, 2020. URL: [https://ternopilcity.gov.ua/app4/Investment\\_passport\\_Ternopil\\_2020\\_print.pdf](https://ternopilcity.gov.ua/app4/Investment_passport_Ternopil_2020_print.pdf)
17. Тернопіль схема озеленення міста. Пояснювальна записка. ДП «Український державний науково-дослідний інститут проектування міст «Діпромiсто» ім. Ю. М. Білокопя». Київ, 2017. 158 с.
18. Царик Л., Царик П. Локальна екомережа як природоохоронна система міста Тернополя. Стратегія сучасного міста: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Сімферополь: Кримський інститут бізнесу УЕУ. 2012. С. 138-143.
19. Царик П., Царик Л. Регіональний ландшафтний парк «Загребеля» у системі рекреаційного і заповідного природокористування: Монографія. Тернопіль: редакційно-видавничий відділ ТНПУ, 2013. 186 с.
20. Царик Л., Царик П., Янковська Л., Кузик І. Геоекологічні параметри компонентів навколишнього середовища міста Тернополя. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2019. №1.(46). С. 198-210. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.19.2.25>

21. Царик Л. П., Кузык І. Р., Янковська Л. В. Водні об'єкти міста Тернопіль: гідрографія, екологічний стан та водопостачання. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Вип. 37. 2022. С. 22-36. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-37-02>
22. Царик П. Л. Серетський екологічний коридор як осовий структурний елемент регіональної екологічної мережі Тернопільщини. Матеріали ІІ міжнародної наукової конференції «Екологічна географія: Історія, теорія, методи, практика». Тернопіль, 2004. С.146-148.
23. Benedict, M. A.; McMahon, E. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Island Press: Washington, DC, USA, 2006. 299 p.
24. Klishch A., Maksymenko N. Positional-dynamic territorial structure of the urban landscape. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 2020, Vol. 29(3), 539-549. DOI: <https://doi.org/10.15421/112049>
25. Kuzyk I. Approaches to assessing the sustainable development of the complex green zone of the city. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*. 2021. №1 (50). С. 163-168. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.20.2.20>
26. Liquete C., Kleeschulte S., Dige G. et al. Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: A Pan-European case study. *Environmental Science & Policy*. 2015. Vol. 54. P. 268-280
27. Maksymenko N. V., Klishch A.A. Directions for optimization of natural resource use in environmental management for local areas. *Journal of Geology Geography and Geoecology*, 2017, 25 (2), 81-88. DOI: <https://doi.org/10.15421/111722>
28. Mell Ian C. Green infrastructure planning: a contemporary approach for innovative interventions in urban landscape management. *Journal of Biourbanism*. 2011. №1. P. 29-39.
29. Slätmo E., Nilsson K., Turunen E. Implementing green infrastructure in spatial planning in Europe. *Land*, 2019, V.8, № 4. P. 62.
30. Green Infrastructure Assessment: Development of a comprehensive approach to land conservation. *Landscape and Urban Planning*, 2006. Vol. 77. № 1-2. P. 94-110.
31. Tsaryk, L., Kovalchuk, I., Tsaryk, P., Kuzyk, I., Tsaryk V. Geoecological contradictions in the functioning of urban ecosystems in conditions of increased anthropogenic impact and abnormal weather-climate changes. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 2022, 31(2), 398-407. doi:10.15421/112237
32. Wright, H. Understanding green infrastructure: The development of a contested concept in England. *Local Environ.*, 2011, № 16, P. 1003-1019.

---

## REFERENCES TO THE CHAPTER

1. Baydikov, I. A., Pashchenko, V. M. (2004). Landscape frame as a spacious and structural basis of eco-measure. *Ukrainian geographic journal*, 3. 44-50.
2. Hrechko, A. A. (2022). Experience and benefits of using green roofs as an element in green infrastructure. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (26), 32-42. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-03>
3. Grubinko, V. V., Gumenyuk, G. B., Volik, O. V., Svyanko, Y. M., Makartny F. M. (2013). The ecosystem of a regulated water body under conditions of urban loading (on the example of the Ternopil Reservoir). *Ternopil: editorial and publishing department of TNPU named after V. Hnatyuka*, 202.
4. Kuzyk, I. (2017). To the problem of sustainable functioning of the integrated green zone of the city of Ternopil. *Bulletin of the Ternopil branch of the Ukrainian Geographical Society*. 1 (1). 38-42.
5. Kuzyk, I.(2020). Assessment of functional and spatial parameters of the complex green zone of the city of Ternopil. *Bulletin of Kamianets-Podilskyi National*

- University named after I. Ohienko. «Ecology» series, 5. 58-69. DOI:10.32626/2519-8955.2020-5.58-69*
6. Kuzyk, I. R., & Tsaryk, L. P. (2020). Geocological Assessment for The Structure of the Complex Green Zone of Ternopil City and its Optimization. *Man and Environment. Issues of Neocology, 34*, 8-18. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-01>
  7. Kucheryavy, V. P. (1981). *Green zone of the city*. K.: Naukova dumka, 248.
  8. Maksymenko, N. V. (2017). *Landscape and ecological planning: theory and practice. Monograph*. Kharkiv: KhNU named after V. N. Karazin. 216.
  9. Maksymenko, N. V. (2017). Landscape and environmental planning as the basis for administrative decision-making on ecosystem services. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»* (45), 153-158. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/8192>
  10. Maksymenko, N. V., & Burchenko, S. V. (2019). Theoretical Basis of the Green Infrastructure Strategy: International Experience. *Man and Environment. Issues of Neocology, 31*, 16-25. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02>
  11. Pakholiuk, O. T. (2014). The water network as a natural framework during the formation of the green zone of the city of Lviv. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine. 24.3*. 101-105.
  12. Pryshchepa, A. M. (2019). Ecosystem services of green spaces of urban systems. Scientific reports of NUBiP of Ukraine. *Biology, biotechnology, ecology. 1 (77)*. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovid2019.01.004>
  13. Vladimirova, V. V. (Ed.). (1986). *Regional planning*. Moscow: Stroyizdat, 325.
  14. Ruban, L. I. (2018). Adaptation model of «black-green» infrastructure of the place. *Modern problems of architecture and locality, 52*. 230-237.
  15. Ruban, L. I. (2020). Principles of planning «black-green» infrastructure of the place: adaptation to climate change. *Transfer of Innovative Technologies. 3, 1b* 47-50.
  16. Ternopil Investment Passport, 2020. URL: [https://ternopilcity.gov.ua/app4/Investment\\_passport\\_Ternopil\\_2020\\_print.pdf](https://ternopilcity.gov.ua/app4/Investment_passport_Ternopil_2020_print.pdf)
  17. *Ternopil landscaping scheme. Explanatory note. DP «Ukrainian state scientific and recent institute for designing the city» Dipromisto «named after. Yu. M. Bilokonya»*. (2017). Kiev, 158.
  18. Tsarik L., Tsarik, P. (2012). Strategy of the current place: *materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference*. Simferopol: Crimean Institute for Business UEU. 138-143.
  19. Tsarik, P., Tsarik, L. (2013). *Regional landscape park «Zagrebella» in the system of recreational and protected nature conservation. Monograph*. Ternopil: editorial and editorial review of TNPU, 186.
  20. Tsarik, L., Tsarik, P., Yankovska, L. & Kuzik, I. (2019). Geocological parameters of the components of the middle ground of the Ternopil area. *Scientific notes of TNPU im. V. Gnatiuk. Series: Geography, 1. (46)*. 198-210. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.19.2.25>
  21. Tsaryk, L. P., Kuzyk, I. R., & Yankovska, L. V. (2022). Water facilities of Ternopil: hydrography, ecological condition and water supply. *Man and Environment. Issues of Neocology, 37*, 22-36. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-37-02>
  22. Tsarik, P. L. (2004). Seretsky ecological corridor as an axial structural element of the regional ecological border of Ternopil region. *Materials of the II International Scientific Conference «Ecological Geography: History, Theory, Methods, Practice»*. Ternopil, 146-148.
  23. Benedict, M. A.; McMahon, E. (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press: Washington, DC, USA, 299 p.



24. Klieshch A. & Maksymenko N. (2020). Positional-dynamic territorial structure of the urban landscape. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(3), 539-549. DOI: <https://doi.org/10.15421/112049>
25. Kuzyk, I. (2021). Approaches to assessing the sustainable development of the complex green zone of the city. *Scientific notes of TNPU named after V. Hnatyuk. Series: Geography*. 1 (50). 163-168. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.20.2.20>
26. Liqueste, C., Kleeschulte, S., Dige G. et al. (2015). Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: A Pan-European case study. *Environmental Science & Policy*. 54. 268-280
27. Maksymenko N. V., Klieshch A. A. (2017). Directions for optimization of natural resource use in environmental management for local areas. *Journal of Geology Geography and Geoecology*, 25 (2), 81-88. DOI: <https://doi.org/10.15421/111722>
28. Mell Ian C. (2011). Green infrastructure planning: a contemporary approach for innovative interventions in urban landscape management. *Journal of Biourbanism*. 1. 29-39.
29. Slätmo E., Nilsson K., Turunen E. (2019). Implementing green infrastructure in spatial planning in Europe. *Land*, 8, (4). 62.
30. Green Infrastructure Assessment: Development of a comprehensive approach to land conservation. (2006). *Landscape and Urban Planning*, 77 (1-2). 94-110.
31. Tsaryk, L., Kovalchuk, I., Tsaryk, P. & Kuzyk, I., Tsaryk V. (2022). Geoecological contradictions in the functioning of urban ecosystems in conditions of increased anthropogenic impact and abnormal weather-climate changes. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 31(2), 398-407. doi:10.15421/112237
32. Wright, H. (2011). Understanding green infrastructure: The development of a contested concept in England. *Local Environ.*, 16, 1003-1019.

## **2.3.4. GREEN-BLUE INFRASTRUCTURE OF THE CITY OF IVANO-FRANKIVSK. PRESERVATION AND DEVELOPMENT OF KEY RECREATIONAL AREAS OF THE CITY**

---

## **2.3.4. ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНА ІНФРАСТРУКТУРА М. ІВАНО-ФРАНКІВСЬК. ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗВИТОК КЛЮЧОВИХ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН МІСТА**

**VASYLIUK Ruslana**

Director of municipal enterprise «Center of city  
development and recreation», Ivano-Frankivsk, Ukraine,  
76000, Chornovola str., 126,  
v\_ruslana@yahoo.com

In the publication the issue of preservation and development of key recreational areas of Ivano-Frankivsk is highlighted taking into consideration up-to-date population's needs with an emphasis on preservation of their natural values in conditions of rapid urbanization, psychoemotional pressure, global climate change. Applying principles of circular economy, creation of eco-playgrounds, preservation and creation of green areas.

**Key words:** recreational areas, green-blue infrastructure, eco-style, circular economy, preservation of natural values of green objects.

**ВАСИЛЮК Руслана Михайлівна** – директор комунального підприємства «Центр розвитку міста та рекреації», м. Івано-Франківськ, Україна, 76000, вул. Чорновола, 126, v\_ruslana@yahoo.com

В публікації висвітлено питання збереження та відновлення ключових рекреаційних зон м. Івано-Франківська з врахуванням сучасних потреб населення та акцентом на збереження їх природньої цінності в умовах стрімкої урбанізації, психоемоційного навантаження, глобальної зміни клімату. Площа міста Івано-Франківськ становить 3648 га. Забудована територія становить 75 % від загальної площі міста. У межах міста площа зелених насаджень становить 1236 га, з них загального користування – 345 га. Застосування принципів циркулярної економіки, створення дитячих еко-локацій, збереження та відтворення зелених насаджень.

**Ключові слова:** рекреаційні зони, зелено-блакитна інфраструктура, еко-стиль, циркулярна економіка, збереження природньої цінності об'єктів.

---

## *Вступ*

Значення зелено-блакитної інфраструктури в сучасних умовах стрімкої урбанізації, психоемоційного навантаження населення, глобальної зміни клімату (аномальні температурні рекорди, посухи, на зміну яким приходять надзвичайно великі обсяги опадів) важко переоцінити.

Міські зелені зони підтримують місцеве біорізноманіття та забезпечують важливі екосистемні послуги – від покращення якості повітря до збереження генофонду тваринного і рослинного світу. Крім того, міська зелено-блакитна інфраструктура покращує якість життя людей. Саме міські райони із високою щільністю забудови характеризуються дуже забрудненим повітрям і саме в них найбільше страждають від ефекту міського теплового острова. Тому зелено-блакитні острівці в місті стають справжніми оазами, які зменшують негативний вплив вищезазначених чинників, дають можливість відновити внутрішній спокій та гармонію, покращити фізичне та психічне здоров'я.

## *Блакитна інфраструктура*

Івано-Франківськ розташований на рівнинній території південного заходу України у межиріччі Бистриці Надвірнянської та Бистриці Солотвинської.

Центральною водоймою є міське озеро (інша назва – Станіславське море) – найбільше штучне озеро міста Івано-Франківська, побудоване в 1955 р. Розташоване в південно-західній частині міста, на захід парку ім.Шевченка. Площа водного плеса – 32,8 га. Глибина від 2.5 до 5 м.

З 2016 року було проведено комплекс робіт по відновленню стану водойми та облаштуванню прилеглої території. Розпочали з ремонту



Рис. 1. Розчистка русла р. Млинівка та облаштування каналу подачі води

Fig. 1. Clearing of Mlynivka river bed and arrangements of canal for water supply

гідроспоруд, забезпечення належного функціонування відстійника, розчистки русла річки Млинівки (яка є основним джерелом живлення озера) та облаштування каналу подачі води з метою створення максимально можливого водопідпору (рис. 1).



Рис. 2. Очистка озер

Fig. 2. Clearing of lakes

Це було надзвичайно важливо для відновлення циркуляції, оскільки дебет води через природні та антропогенні чинники надзвичайно низький. Провели механічну очистку водойми від водоростей та зариблення рослиннідними видами риб (рис. 2 та 3).



Рис. 3. Зариблення озер

Fig. 3. Stocking of lakes

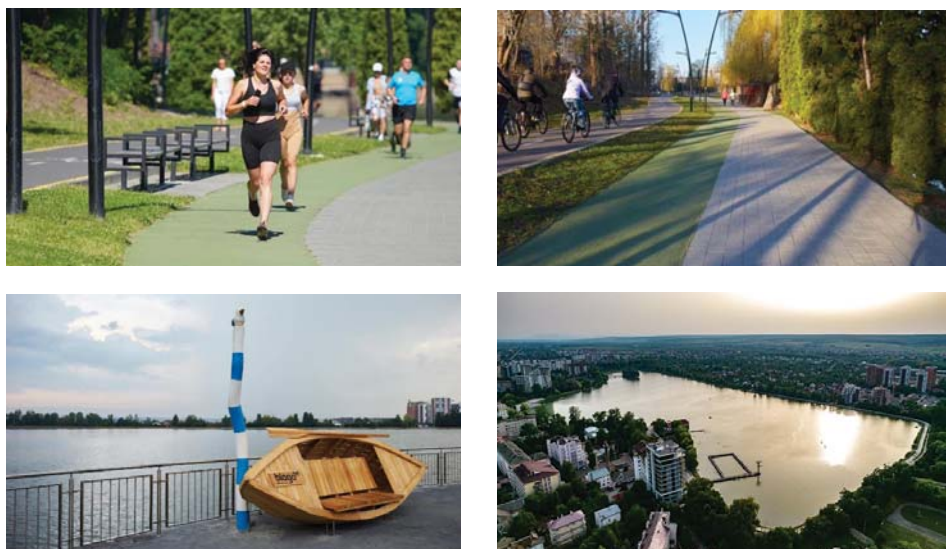


Рис. 4. Облаштування прилеглої території міського озера

Fig. 4. Arrangements of areas adjacent to the city lake

При облаштуванні прилеглої території враховували потреби відвідувачів (до реконструкції багато мешканців займалися тут різними видами спорту та бігом зокрема). Довкола водойми облаштовано пішохідну зону, поліуретанову бігову доріжку, встановлено вуличні меблі, висаджено зелені насадження (рис. 4).

Обабіч входу до озера облаштовано зону спокійного відпочинку та ексклюзивний дитячий ігровий простір. При виготовленні дитячих комплексів використано виключно екологічні та природні матеріали



Рис. 5. Дитячий ігровий простір на міському озері

Fig. 5. Area for children near city lake



Рис. 6. Переробка здорової деревини (після буревію) на вуличні меблі

Fig. 6. Processing of healthy wood (after hurricane) into outdoor furniture

(дерево, канати, пісок), без штучних покриттів, які лише спричиняють підвищення температури на локації та не дають дітям відчутти єднання з природою (рис. 5).

Лавки виконано з врахуванням принципів циркулярної економіки, адже деревину для них використали з повалених під час буревію ясенів (рис. 6). А термічна обробка деревини забезпечує їх довговічнішу та дешевшу експлуатацію в подальшому, є екологічно чистою і при утилізації не шкодить довкіллю, як це відбувається при утилізації (спалюванні) деревини, обробленої різними хімічними складниками (лаками, фарбами і т.д.).

Другим за величиною гідрологічним об'єктом Івано-Франківська є озеро у мікрорайоні Пасічна. Його площа 7,5 га, посередині є прямокутний острівець, з'єднаний з берегами двома бетонними мостиками. За ним міцно закріпилась назва «Німецьке озеро», оскільки східні німці будували в місті об'єкти соціальної інфраструктури і озеро слугувало пожежною водоймою при будівництві (рис. 7).

На даний час розпочалися роботи з розробки концепції розвитку цієї рекреаційної зони з акцентом на збереження природної цінності об'єкта, оскільки дуже важливо зберегти його флору і фауну, ту екосистему, яка сформувалася. Саме тут щороку дають потомство лебеді та



Рис. 7. «Німецьке озеро»

Fig. 7. German lake



Рис. 8. Щороку дають потомство лебеді та інші водоплавні птахи

Fig. 8. Swans and other waterfowl give birth every year



Рис. 9. Громадський простір довкола «Озера з лебедем»

Fig. 9. Area for people around Lake with a swan

інші водоплавні птахи (рис. 8). Світ давно стикнувся з великою проблемою зі зменшення кількості комах. Деякі з них можуть облаштовувати свої житла і розмножуватися лише в диких травах. Втручання в природні екосистеми призведе до вимирання таких видів. Саме тому на острові посередині водойми не скошуємо трави.

В умовах агресивної урбанізації варто боротись за острівці дикої природи посеред великого міста. Тому частина озера, від острова з містками у напрямку мілководної частини, має залишитися недоторканою.

В центральному міському парку також є каскад трьох озер, який додає неповторної атмосфери цьому улюбленому місцю відпочинку містян та гостей.

Крім того, в одному з центральних районів міста розташована невелика штучна водойма (назва серед містян – «Озеро з лебедем»), яка була облагороджена та перетворена на сучасний громадський простір активною громадою міста за підтримки іноземних партнерів.

### **Зелена інфраструктура**

Площа міста Івано-Франківськ становить 3648 га. Забудована територія становить 75 % від загальної площі міста. У межах міста площа зелених насаджень становить 1236 га, з них загального користування – 345 га. Площа зелених насаджень на одного мешканця міста складає лише 5.5 м кв. За міжнародними нормами, цей показник має бути не меншим за 20 м<sup>2</sup>. Тому надзвичайно важливо збільшувати площі зелених насаджень в межах міста, зберігати існуючі та раціонально використовувати об'єкти зеленої інфраструктури.

Розподілені зелені зони у місті досить не рівномірно (табл. 1). Виділяється 3-поміж усіх центральна частина міста, де зосереджена половина всього зеленого фонду міста.



Таблиця 1

Площа зелених насаджень (покриття проєкцій крон)  
у мікрорайонах міста

| №№ | Район              | Площа, га |
|----|--------------------|-----------|
| 1  | Центральна частина | 545       |
| 2  | Пасічна            | 87        |
| 3  | Позитрон           | 194       |
| 4  | Угорники           | 29        |
| 5  | Микитинці          | 59        |
| 6  | Хриплин            | 64        |
| 7  | Опришівці          | 66        |
| 8  | Крихівці           | 96        |
| 9  | Всього             | 1140      |

Головним і найбільшим парком міста є парк культури та відпочинку ім. Т. Г. Шевченка, який є пам'яткою садово-паркового мистецтва місцевого значення (рис. 10). Як заповідний об'єкт він входить до складу природно-заповідного фонду і є складовою частиною світової системи природних територій та об'єктів. Його площа складає 24.2 га. Закладений парк був у 1895 р. на основі ділянки природного дубово-грабового лісу. В парку нараховується понад шість тисяч дерев і понад дві тисячі чагарників.

Його можна назвати й музеєм природи, адже, окрім місцевих порід, тут ростуть й екзотичні дерева і чагарники, завезені свого часу з розсадників Польщі, Франції та Америки.

З 2003 до 2016 рр. реконструкція парку не проводилася. В 2016 р. розпочали роботи із відновлення інфраструктури. Було облаштовано нові алеї (чим значно розширено корисну площу парку), в т.ч. які ведуть до всіх входів в парк (рис. 11).



Рис. 10. Парк ім. Т. Г. Шевченка

Fig. 10. T.G. Shevchenko park

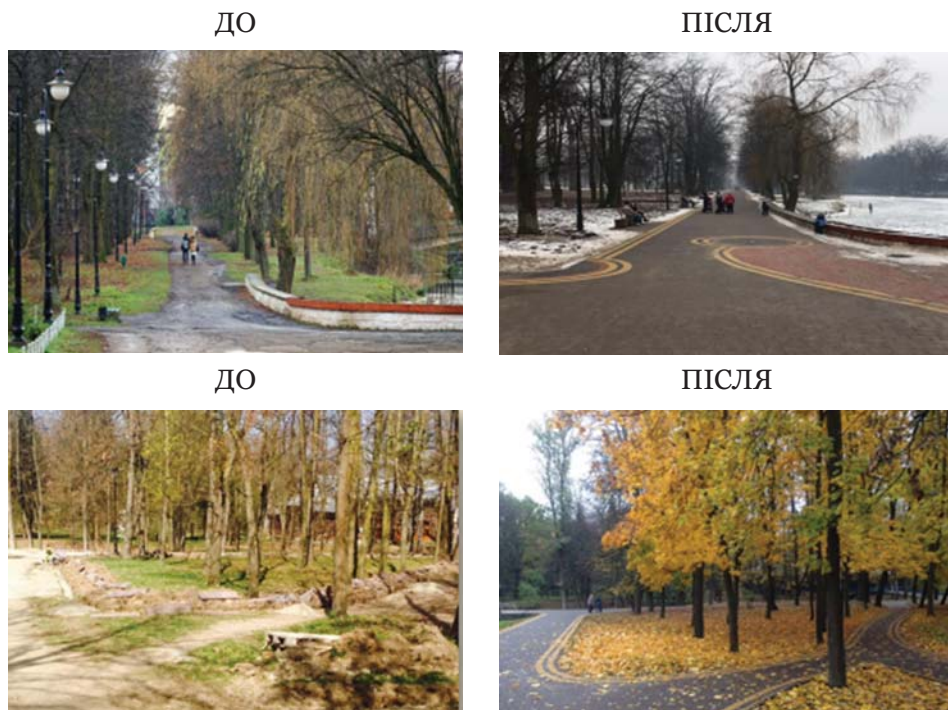


Рис. 11. Капітальний ремонт та облаштування нових алей парку ім. Т. Г. Шевченка

Fig. 11. Capital repair and arrangement of new alleys in T. G. Shevchenko park

При облаштуванні алей та доріжок враховано транзитні потоки та точки сполучення, в результаті чого відвідувачам немає необхідності прокладати шлях зеленими зонами.

Влаштовано кімнату матері і дитини, оскільки парк є улюбленим місцем відпочинку для багатьох молодих сімей (рис. 12).



Рис. 12. Кімната матері і дитини

Fig. 12. Room for mothers with kids



Рис. 13. Клумби із системою автоматичного поливу

Fig. 13. Flower beds with automatic watering system

Громадські вбиральні, які до того були сезонними, перевели на ціло-річну роботу, встановивши систему опалення. Проведено ремонт літньої естради (з врахуванням доступності для людей з обмеженими можливостями) та зони для глядачів. Проведено реконструкцію центральних клумб з влаштуванням системи автоматичного поливу (рис. 13).

Забезпечено додаткове освітлення, встановлено нові вуличні меблі та відпочинкові елементи (лавки, дерев'яні качелі, лежачки) (рис. 14).

Проведено капітальний ремонт шлюзів на каскаді озер, здійснено очистку та біомеліорацію каскаду трьох озер, встановлено аераційний фонтан на верхньому озері каскаду (рис.15, 16).

Щоб не надто перенасичувати парк об'єктами торгівлі та сфери розваг та зберегти якомога більше простору для спілкування людини з природою, більше акцентів робиться для облаштування місць для релаксації та комфортного відпочинку. Саме з цією метою було розроблено та затверджено схему зонування парку.



Рис. 14. Нові вуличні меблі та відпочинкові елементи

Fig. 14. New street furniture and recreational elements



ДО



ПІСЛЯ



Рис. 15. Здійснено очистку та біомеліорацію каскаду трьох озер

Fig. 15. Clearance and bio-melioration of cascades with three lakes were performed

Усі нові дитячі спортивно-ігрові зони в парку виконані виключно в еко-стилі, який прекрасно вписується в природний ландшафт об'єкта. Ідеї створення таких локацій подобаються не лише діткам та їх батькам, але і знаходяться одностайні серед бізнесу, які фінансують створення цих чудових проєктів (рис. 17, 18).

Проводиться комплексний догляд за існуючими зеленими насадженнями та озеленення. Оскільки багато дерев в парку пережили свою



Рис. 16. Встановлено аераційний фонтан на верхньому озері

Fig. 16. Aeration fountain was constructed on the Upper lake



Рис. 17. Ігрова зона для дітей молодшої вікової групи

Fig. 17. Area for kids

вікову межу, то для їхнього збереження докладаємо максимум зусиль. Крім того проводимо висадку молодих дерев для відновлення існуючого видового складу, доповнюємо ландшафт новими декоративними видами. На даний час розпочалася інвентаризація дерев з подальшим внесенням на інтерактивну карту.

З 2016 року з зелених зон парків та скверів не збирається листя, за винятком партерних газонів, оскільки це призводить до винесення органічних добрив, зменшення ізоляційного шару для ґрунту і зелених насаджень. Листя з пішохідних доріжок йде на компост разом зі щепою, на яку переробляємо сухі гілки дерев та чагарників. Згодом компост вноситься під зелені насадження.

Другим за величиною є парк Молодіжний в одному з густонаселених мікрорайонів міста (рис. 19). Його площа складає 5,4 га. На даний час проведено реконструкцію алеїної мережі та розпочалась робота над



Рис. 18. Спортивно-ігровий комплекс

Fig. 18. Sports and game site



Рис. 19. Парк ім. Т. Г. Шевченка

Fig. 19. T. G. Shevchenko park



Рис. 20. Парк Молодіжний

Fig. 20. Youth park

концепцією розвитку цього парку, щоб врахувати усі аспекти, важливі для об'єкта, що розташований не в центральному районі міста. Особливу увагу потрібно приділити озелененню, оскільки більша частина парку – тополі, які вже пережили вікову межу (були висаджені ще в 50-х роках).

Ці два парки можна сміливо назвати легенями міста (рис. 19, 20).

На обслуговуванні підприємства є ще ряд скверів та парків в різних частинах міста, однак слід зацентувати увагу на сквері, який завдяки активній позиції громади був врятований від забудови. Сквер «Первоцвіт» має стати прикладом для подальших змін в місті, спрямованих на збільшення кількості та якості зелених зон, навіть якщо це невеликі локальні сквери.

Зараз в місті вже є 51 земельна ділянка, відведена під сквери. На черзі ще 200 скверів.

## **2.3.5. FUNCTIONING FEATURES OF THE BLUE INFRASTRUCTURE OF THE CITY OF LUTSK**

---

### **2.3.5. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БЛАКИТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ЛУЦЬК**

#### **NEKOS Alla**

Doctor of Science, Professor, Head of Department,  
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine  
nekos@karazin.ua  
orcid.org/0000-0003-1852-0234

#### **BOIARYN Mariia**

PhD. (Geography), Associate Professor Department of Ecology  
and Environmental Protection of the Lesya Ukrainka Volyn  
National University, Lutsk, Ukraine  
mariasun140314@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0001-9822-5897>

**Abstract.** On the territory of the city of Lutsk, water objects, both of natural and artificial origin, are quite common and, accordingly, are a component of the «green and blue infrastructure» of the city, they include: the Styr River, which is the right tributary of the Pripyat (Dnieper basin) and the main water artery, on the right bank of which the main part of the city is located, its tributaries Zhiduvka, Sapalaivka, Omelyanyk, Chornoguzka and Teremnivski ponds. As a result of the assessment of the ecological state and quality of the surface waters of the Styr River, the Ecological Index of Water Quality ( $I_E$ ) was determined. During the studied period, all indicators of the composition of natural waters were within acceptable limits and did not exceed the MPC, except for ammonium nitrogen, where

the MPC was exceeded by 2-3 times. The value of the environmental index  $I_E$  ranges from 5.06 to 12.72, which gives grounds for classifying the surface waters located within the city of Lutsk into III and IV categories, II and III classes of surface water quality, that is, to characterize the state of water bodies from «good» to «satisfactory», and the degree of their purity - from «fairly clean» to «slightly polluted». The main sources of pollutants are identified and the main measures aimed at restoring the ecological state of the reservoir are outlined, among which the priority ones are: modernization of city sewage treatment facilities, expansion of storm sewers with local effective treatment facilities, modernization of treatment facilities for liquid waste of PJSC «Hnidavsky Sugar Factory», and elimination of filtration fields, annual measures aimed at elimination of clogging and cluttering of riverbeds. At the same time, in order to improve the functioning, environmental condition, conditions of use and environmental safety of the «green and blue infrastructure» of the city, it is advisable to rely on the experience of European countries in terms of fundamentally new approaches and standards, projects, and technologies.

**Keywords:** green and blue infrastructure, river, urban system, ecological condition, water quality index.

**НЕКОС Алла Наумівна** – д. геогр. н., проф., завідувачка кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти ННІ екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна,  
alnekos999@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0003-1852-0234>

**БОЯРИН Марія Володимирівна** – к. геогр. н., доц., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Волинського національного університету імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, 43025 Україна,  
mariasun140314@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0001-9822-5897>

**Анотація.** На території м. Луцьк водні об'єкти як природного, так і штучного походження доволі поширені і, відповідно, можуть бути віднесені до складу «зелено-блакитної інфраструктури» міста. До неї належать річка Стир, яка є правою притокою Прип'яті (басейн Дніпра) і головною водною артерією, на правому березі її розташована основна частина міста, її притоки Жидувка, Сапалаївка, Омеляник, Черногузка та Теремнівські ставки. В результаті виконаної оцінки екологічного стану та якості поверхневих вод річки Стир визначено екологічний індекс якості вод ( $I_E$ ). Протягом досліджуваного періоду усі показники складу природних вод знаходилися у допустимих межах та не перевищували ГДК, окрім азоту амонійного, де спостерігається перевищення ГДК у 2-3 рази. Величина екологічного індексу  $I_E$  коливається в межах 5,06 – 12,72, що дає підставу віднести поверхневі води, що знаходяться у межах міста Луцьк, до III і IV категорій, II та III класів якості поверхневих вод, тобто характеризувати стан водних об'єктів від «доброго» до «задовільного», а ступінь їх чистоти – від «досить чистої» до «слабко забрудненої». Визначено основні джерела надходження забруднюючих речовин та окреслено основні заходи, спрямовані на відновлення екологічного стану водойми. Серед них першочерговими є: модернізація міських очисних споруд, розширення дощової каналізації з локальними ефективними очисними спорудами, модернізація очисних споруд для рідких



відходів ПрАТ «Гнідавський цукровий завод» та ліквідація полів фільтрації, щорічні заходи спрямовані на ліквідацію засміченості та захаращеності русел річок. При цьому для покращення функціонування, екологічного стану, умов використання та екологічної безпеки «зелено-блакитної інфраструктури» міста доцільно спиратися на досвід європейських країн у частині принципово нових підходів та стандартів, проєктів, технологій.

**Ключові слова:** зелено-блакитна інфраструктура, річка, урбосистема, екологічний стан, індекс якості вод.

---

Водні об'єкти у містах, що сьогодні можливо вважати елементами «зелено-блакитної інфраструктури», завжди відігравали одну з ключових ролей у заселенні територій та створенні поселень. Річки виконували функцію джерела питної води та харчових біоресурсів, транспортної артерії та природної перешкоди при військових діях. Проте результат цього освоєння для самої річки, в переважній більшості, не були позитивними. Людські поселення сприяли надмірному водоспоживанню, створенню різного типу гідротехнічних споруд, відбору вод для зрошення, виснаженню біоресурсів, зміні гідрохімічного складу води у результаті скидання промислових та побутових стоків, замуленню та утворенню мілководь, створенню штучних підпорів, зміні рівня ґрунтових вод та ін. Тому для покращення функціонування, екологічного стану, умов використання та екологічної безпеки «зелено-блакитної інфраструктури» міста доцільно спиратися на досвід європейських країн у частині принципово нових підходів та стандартів, проєктів, технологій.

Річка Стир є правою притокою Прип'яті (басейн Дніпра) і головною водною артерією, що протікає територією міста Луцьк (рис. 1), бере свій початок біля с. Пониква Бродівського району Львівської області. Основна частина міста розташована на правому березі річки, а протяжність по території міста становить близько 11,2 км, має притоки Жидувка, Сапалаївка, Омеляник і річку Черногузка, яка впадає у Стир поза межами міста та Теремнівські ставки. Згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС (ВРД 2000/60/ЄС) відповідно до типології річок за площею водозбору: малі – 10-100 км<sup>2</sup>; середні – 100-1000 км<sup>2</sup>; великі – 1,0-10 тис. км<sup>2</sup>; дуже великі річки - понад 10 тис. км<sup>2</sup>. Стир належить до дуже великих річок [8, 12].

Правою притокою р. Стир є річка Сапалаївка, загальна довжина якої складає 11,5 км, в межах земель Луцької міської ради – 8,3 км. Площа прибережної захисної смуги в межах міста 32,37 га, водоохоронної зони – 55,43 га [1]. Річка протікає в густозаселених районах як багатоповерхової, так і приватної забудови, а також межує з територіями багатьох підприємств, установ та організацій. У її басейні розташовано

три рекреаційні зони – Теремнівські ставки, парк культури і відпочинку ім. 900-річчя м. Луцька та Луцька дитяча залізниця, яка на сьогодні не функціонує. Громадська та житлова забудова щільно межує з водоохоронною зоною річки в окремих місцях, обмежуючи її до 3-5 м, що суттєво порушує чинне законодавство [8, 12]. Стік малої річки значно зарегульований – частина нижньої течії річки каналізована, окрім мостів, у середній течії річки є інші гідротехнічні споруди, створено Теремнівські ставки площею 3,5 га та штучну водойму у парку 900-річчя Луцька площею 1,150 га. Русло річки та заплава постійно потерпають від засмічення та захаращення як побутовими відходами, так і частинами деревних насаджень, які утворилися в результаті руйнування дерев, висаджених у 70-80 рр. минулого століття з метою берегоукріплення [8, 10]. Отже, увесь цей комплекс негативних антропогенних факторів сприяє втраті здатності річки до самоочищення.

Ліва притока р. Жидувка впадає у головну річку Стир на території м. Луцьк біля вулиці Потебні, має загальну довжину близько 4 км, з них 2,43 км протікає саме містом. Річка повністю каналізована зі слабким стоком.

Ще одна ліва притока річки Стир – р. Черногузка має довжину 49 км, бере початок біля с. Линів та протікає околицею Луцька. Заплава річки двостороння, заболочена, частково осушена, русло меандрує, береги пологі та низькі.

Довжина лівої притоки річки Стир р. Омеляник 12,6 км. Вона бере початок на околиці села Антонівка та майже у центрі міста, в районі вулиці Шевченка впадає у р. Стир. Річка частково штучно спрямлена, у межах міста на ній створено 5 ставків, узбережжя переважно використовується для цілей рекреації. Всі ці водні об'єкти представляють «блакитну інфраструктуру» м. Луцьк [8, 10].

З вищенаведеного можливо відзначити, що на території м. Луцьк водні об'єкти доволі поширені і відповідно являють собою складову інфраструктури міста. Саме всі перелічені поверхневі води як природного, так і штучного походження можливо віднести до «зелено-блакитної інфраструктури», покращення функціонування, екологічного стану, умов оптимального їх використання та екологічна безпека яких потребує, на наш погляд, опанування європейського досвіду розробки принципово нових підходів, проєктів, технологій і ін. за європейськими стандартами.

Міська екологічна інспекція, місцеві громадські організації, науковці – екологи з Волинського університету дуже занепокоєні екологічним станом поверхневих вод у межах міста і безперервно організують



моніторингові дослідження з метою збереження водних екосистем, їх флори і фауни. Під час таких досліджень було визначено основні джерела забруднення міських поверхневих вод.

У місті Луцьк є 5 об'єктів, які віднесено до екологічно небезпечних, із них 2 об'єкти, які здійснюють скидання зворотніх стічних вод безпосередньо у водний об'єкт (КП «Луцькводоканал» у річку Стир) або на поля фільтрації (ПрАТ «Гнідавський цукровий завод»). При цьому відведення і очищення (механічне та біологічне з доочищенням у біоставках) побутових та виробничих стічних вод здійснюється загальноміською централізованою системою каналізації на КОС (розташовані на ПнЗх від міста) з наступним випуском очищених стічних вод у річку Стир. Установлена виробнича потужність системи каналізації 120,0 тис. м<sup>3</sup>/добу; санітарно-захисна зона КОС витримана (500, 0м). Технічний стан каналізаційних очисних споруд, устаткування та мереж, що експлуатуються близько 50 років, хоч і при проведенні постійних поточних ремонтів, потребує капітального ремонту і реконструкції – мулові карти переповнені, питання утилізації мулу вирішується частково, стічні води знезаражуються частково, великий відсоток мереж та обладнання насосних станцій мають аварійний стан [8, 9].

В межах території міста води річки Стир забруднюються добривами та хімічними засобами захисту рослин, які виносяться поверхневим стоком з городів садибного сектору, що сприяє замуленню річки. Негативний вплив на якість річкових вод мають промислові та аварійні стоки каналізаційної мережі. Саме таким чином в річку надходять нафтопродукти і залишки побутового сміття. Ситуація ще ускладнюється неканалізованими стоками з околиць міста. А нижче міста ріка зазнає впливу стічних вод КП «Луцькводоканал», який є основним її забруднювачем [9, 13].

Проведення моніторингових досліджень показало, що на якість поверхневих вод річки Жидувка значно впливає поверхневий стік з промислових майданчиків та з прилеглих територій Боратинської ОТГ, засмічення та захаращення русла побутовим сміттям. Значний вплив мають слабо очищені промислові стоки «СКФ Укаріна» та ПрАТ «Гнідавський цукровий завод».

На якість поверхневих вод річок Черногузка та Омелянівка значно впливає антропогенна освоєність території, розораність, площинний стік з прилеглих до русла територій, засмічення та захаращення русла побутовим сміттям від місцевих жителів.

При такій ситуації якість поверхневих вод та екологічний стан річок у межах міста залишається вкрай незадовільним, оскільки мають місце: засмічення побутовим сміттям прируслових територій, потрапляння за-

брудненого поверхневого стоку з прилеглих територій у русло річок, наявні незаконно виведені труби господарсько-побутових стоків, що унеможлиблює процеси природного самоочищення річок навіть з допомогою щорічних природоохоронних заходів. Тому тема цього дослідження є надзвичайно актуальною.

Як було сказано вище, у науковців викликає занепокоєння ситуація, що склалася з поверхневими водами у м. Луцьк. Вчені-екологи доволі детально аналізували екологічний стан річки Стир та її приток, що протікають територією урбосистеми міста Луцьк. Наприклад, проф. Мольчак Я. О., Фесюк В. О., Картава О. Ф. ще у 2003 у своїй праці «Луцьк: сучасний екологічний стан та проблеми» детально описували проблеми того часу щодо особливостей екологічного стану поверхневих вод міста [10]. Вже тоді спостерігалися екологонебезпечні тенденції. Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К. (2016) описали гідрографію, особливості локального моніторингу, водопостачання та водовідведення у місті [7]. Мельнійчук М. М., Тарасюк Н. А. (2012) вивчали можливості геоекологічної реабілітації річок міста Луцьк (на прикладі р. Сапалаївка) [12]. Гідрологічний гідроекологічний стан річки Стир досліджувала Нетробчук І. М. (2018) [11]. Цьось О. О., Волошин В. У. (2020) досліджували екологічний стан річки Сапалаївка в умовах функціонування урбосистеми м. Луцьк на основі Індексу макрофітів (MIR), оскільки саме вища водна рослинність дозволяє на довготерміновий період визначити екологічний стан водного об'єкта [1, 2, 14]. На думку авторів, погіршення еколого-гідрологічного стану води річки Стир пов'язане як з антропогенними, так і з природними, а особливо кліматичними чинниками. Значний антропогенний тиск, промислові та зливові стоки сприяють погіршенню екологічного стану та зниженню здатності акваекосистеми річки до самоочищення.

Метою даного дослідження є визначення основних чинників антропогенного впливу урбосистеми міста Луцьк на екологічний стан річки Стир та її приток з використанням «Методики екологічної оцінки вод України» (2012) [4].

«Методику екологічної оцінки вод України», проєкт якої було представлено для затвердження в установленому порядку Науково-дослідною установою «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (м. Харків) ще у 2012 р., на великий жаль, затверджено так і не було. Хоча розроблена вона була відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Водного кодексу України, Постанови Кабінету Міністрів України від 19 березня 1997 р. № 244 «Про заходи щодо поетапного впровадження в Україні вимог директив Європейського Союзу, санітарних, екологічних, ветеринар-



них, фітосанітарних норм та міжнародних і європейських стандартів». Методика враховує вимоги Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС, Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті (Конвенції ЕСПОО) та низки інших міжнародних документів [3, 5, 6, 15].

Згідно з «Методикою екологічної оцінки вод України» індикатором визначення якості води можуть виступати групи елементів: сольовий склад, трофо-сапробіологічі та специфічні показники токсичної дії [4].

Екологічний індекс якості вод ( $I_E$ ) розраховується як середньоарифметичне індексів сольового ( $I_C$ ), трофо-біологічного ( $I_{TC}$ ) та специфічних речовин токсичної дії ( $I_{CT}$ ) [4]:

$$I_E = (I_C + I_{TC} + I_{CT}) / 3.$$

Екологічний індекс якості вод, як і блокові індекси, обчислюється для середніх значень категорій окремо.

Одним із способів подання результатів оцінювання екологічного стану поверхневих вод, згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС 2000/60/ЄС, може бути *індекс екологічної якості (EQI)*. Цей індекс визначається шляхом порівняння значень показників, отриманих у конкретному створі, зі значеннями показників у референтних (еталонних) умовах (табл. 1).

Для приведення індексу екологічної оцінки якості вод ( $I_E$ ) до діапазону від 1 до 0, який прийнято для *EQI*, можна використати відношення:  $I_{Eпр} = 1 - (I_E / 7)$ .

Таблиця 1

Градації індексу *EQI* відповідно до класів якості вод (за «Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance document № 10»)

| Клас якості вод     | 1               | 2            | 3                    | 4             | 5            |
|---------------------|-----------------|--------------|----------------------|---------------|--------------|
|                     | Відмінна (high) | Добра (good) | Посередня (moderate) | Низька (poor) | Погана (bad) |
| Значення <i>EQI</i> | 1-0,83          | 0,82-0,62    | 0,61-0,41            | 0,40-0,20     | <0,20        |

Тестовим об'єктом для проведення досліджень було обрано річку Стир, що протікає у межах території урбосистеми міста Луцьк і являє собою головну водну артерію міста і основу «блакитної інфраструктури».

Регулярний моніторинг якості вод у водних об'єктах «блакитної інфраструктури» міста є регіональною прерогативою Комплексної ла-

бораторії спостереження за забрудненням навколишнього середовища Волинського обласного центру з гідрометеорології [2]. Результати аналізів та класифікації якості поверхневих вод за показниками, виконаними згідно з «Методикою екологічної оцінки вод України», представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Динаміка концентрації хімічних речовин у поверхневих водах р. Стир  
(середньорічні значення, 2016–2021 рр.) [2]

| №  | Показник<br>мг/дм <sup>3</sup>          | 2016             | 2017         | 2018         | 2019          | 2020        | 2021          |
|----|---|------------------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|
| 1  | Хлориди                                 | 15,99            | 25,39        | 20,09        | 23,60         | 23,63       | 20,46         |
| 2  | Сульфати                                | 22,19            | 24,79        | 30,17        | 20,59         | 717,9       | 19,49         |
| 3  | Сума іонів                              | 422,4            | 447,5        | 448,2        | 488,1         | 461,3       | 474,2         |
|    | Індекс, ІС                              | 0,21             | 0,26         | 0,20         | 0,21          | 0,18        | 0,19          |
| 4  | Нітроген амонійний                      | 0,434            | 0,428        | 1,191        | 0,417         | 0,364       | 0,251         |
| 5  | Нітроген нітритний                      | 0,050            | 0,029        | 0,022        | 0,026         | 0,024       | 0,020         |
| 6  | Нітроген нітратний                      | 0,085            | 0,076        | 0,108        | 0,162         | 0,196       | 0,090         |
| 7  | Фосфати                                 | 0,021            | 0,036        | 0,030        | 0,033         | 0,024       | 0,021         |
| 8  | БСК5 мгО/<br>дм <sup>3</sup>            | 1,632            | 1,911        | 2,166        | 1,852         | 1,785       | 2,212         |
| 9  | ХСК5 мгО/<br>дм <sup>3</sup>            | 24,22            | 23,82        | 27,26        | 21,27         | 23,64       | 21,85         |
|    | Індекс, ІСТ                             | 0,56             | 0,58         | 0,75         | 0,65          | 0,81        | 0,67          |
| 10 | Залізо загальне, мг/<br>дм <sup>3</sup> | 0,257            | 0,260        | 0,047        | 0,085         | 0,158       | 0,06          |
| 11 | Мідь, мг/дм <sup>3</sup>                | 0,003            | 0,006        | 0,005        | 0,005         | 0,003       | 0,005         |
| 12 | Цинк, мг/дм <sup>3</sup>                | 0,017            | 0,037        | 0,019        | 0,032         | 0,018       | 0,022         |
|    | Індекс, ІСТ                             | 36,21            | 37,33        | 36           | 15,66         | 19,33       | 14,33         |
|    | Індекс, ІЕ                              | 11,31            | 12,72        | 12,31        | 5,50          | 6,77        | 5,06          |
|    | Індекс EQI                              | 0,61             | 0,8          | 0,75         | 0,22          | 0,38        | 0,28          |
|    | Клас /<br>категорія<br>якості води      | 3 /<br>посередня | 2 /<br>добра | 2 /<br>добра | 4 /<br>низька | 3/посередня | 4 /<br>низька |

У результаті виконаної оцінки екологічної якості поверхневих вод річки Стир за гідрохімічними показниками виявлено, що річка належить до гідрохімічної області – Південне та Східне Полісся. За показником мінералізації масиви вод річки відносяться до 6 категорії IV класу якості вод. За показниками хлоридів та сульфатів поверхневі води Стиру за



2016–2021 роки відносилися до 4 і 5 категорій III класу якості. Значення розрахованого блокового індексу сольового блоку ( $I_C$ ), який коливається в межах 0,18 – 0,26, поверхневі води річки належать до 4 і 5 категорій III класу якості вод.

За показниками трофо-сапробіологічними поверхневі води річки належать до гідрохімічної області Правобережне Полісся та відносяться до 2 - 3 категорії II класу якості вод за показниками нітрогену нітратного, фосфору фосфатів, БСК та ХСК. За показниками нітрогену амонійного та нітрогену нітритного протягом усього досліджуваного періоду поверхневі води належали до 4 і 5 категорій III класу якості поверхневих вод. Протягом досліджуваного періоду усі показники знаходилися у допустимих межах та не перевищували ГДК, окрім азоту амонійного, де спостерігається перевищення ГДК у 2-3 рази. Значення розрахованого трофо-сапробіологічного блокового індексу ( $I_{TC}$ ) коливається в межах 0,58 – 0,81, що надає можливість віднести якість річкових вод до 4-5 категорії III класу якості поверхневих вод: «задовільні» – «слабкозабруднені»,  $\beta$  - мезосапробні, мезо-евтрофні.

За показниками блоку оцінки якості вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії масиви природних вод належать за показниками вмісту міді та цинку до 3 і 4 категорії II та III класу якості: «досить чисті» – «слабко забруднені»,  $\beta$  - мезосапробні, мезо-евтрофні. За показниками вмісту заліза басейн належить до Північного Полісся та має окрему шкалу якості вод за вмістом заліза, яка відрізняється від шкали для інших регіонів України. Згідно зі шкалою за вмістом заліза масиви вод належать до 2 і 3 категорії II класу якості: «дуже чисті» – «чисті»,  $\beta$  - мезосапробні, мезо-евтрофні (таблиця 1). Значення розрахованого блокового індексу специфічних токсичних речовин ( $I_{CT}$ ) коливається в межах 14,33 – 37,33, отже, поверхневі води належать до 3 категорії II класу якості: «досить чисті» – «чисті»,  $\beta$  - мезосапробні, мезо-евтрофні.

Виконані розрахунки екологічного індексу  $I_E$  показують, що величини коливаються в межах 5,06 – 12,72, і це дає підставу віднести водотоки басейну до 3 і 4 категорій, II та III класів, тобто характеризувати стан водних об'єктів від «доброго» до «задовільного», а ступінь їх чистоти – від «досить чистої» до «слабко забрудненої»,  $\beta$  - мезосапробні, з переважаючим типом трофності – мезо-евтрофні. Відповідно до міжнародної шкали індексу екологічної якості ( $EQI$ ) поверхневі води річки Стир належать до II та III класів якості та за ступенем чистоти «добрі» та «посередні».

Для підтримання належного стану поверхневих вод, тобто так званої «блакитної інфраструктури» у межах м. Луцьк, міська муніципальна влада втілює і фінансує спеціально розроблені екологічні проекти.

Однак попри усі намагання міської влади та впровадження низки цільових програм, що стосуються покращення екологічного стану річок Стир, Сапалаївка, Жидувка, Черногузка, у межах міста протягом 2010–2020 рр. ситуація практично не змінювалася на кращу [9]. Однак слід зазначити, що у межах міста Луцьк міська рада протягом довготривалого періоду здійснює цілу низку заходів, спрямованих на покращення екологічного стану об'єктів «блакитної інфраструктури».

Так, починаючи з 2011 р., проводиться (однак не регулярно, за наявності фінансування) комплекс робіт з розчищення русла р. Сапалаївка від мулу. У 2012 році ПАТ Інститут «Волиньводпроект» розробив робочий проєкт щодо упорядкування прибережної та водоохоронної зони, благоустрою берегової лінії – «Відновлення гідрологічного режиму, санітарного стану та очищення від дерев русла р. Сапалаївка з метою захисту від підтоплення громадської та житлової забудови (капітальний ремонт русла)», який було впроваджено у 2012–2016 рр. Проведено також комплекс заходів з благоустрою Теремнівських ставків, створення пляжної зони; проведено зариблення ставка рослиннідними видами риб з метою біологічної меліорації водойми та відновлення біорізноманіття водойми [9];

– протягом 2017–2020 рр. щорічно виділялися кошти з обласного та міського бюджетів на відновлення гідрологічного режиму річок. Також щорічно, у весняний та осінній період міська рада та громадські організації організують толоки щодо розчищення русел річок та їх узбережжя від побутового сміття, засміченості та захаращеності [9];

– відповідно до розробленого ЗАТ «Волиньводпроект» у 1998 році «Проєкту встановлення прибережної смуги і водоохоронної зони вздовж річок Стир, Сапалаївка, Жидувка, Омеляник в межах земель Луцької міської ради» було виділено в натуру 50 м прибережні смуги;

– починаючи з 70-х років минулого століття та до сьогодні виконуються роботи щодо впорядкування заплави річки Стир (осушення частини заплави, спрямлення та розчищення русла, створення водойми, упорядкування ПЗС, благоустрій території);

– здійснюється щорічне прибирання засміченості та захаращеності русел річок Жидувка та Омелянівка включно із ставками, які потребують капітального ремонту і очищення та мають лише рекреаційне призначення, а на даний час використовуються для стихійного відпочинку і любительського рибальства [9];

– контролюючі органи здійснюють постійний контроль якості очищення промислових стоків заводу ТзОВ «Біопек» (виробництво біоетанол), що протягом 2016–2019 років скидалися на поля фільтрації



ПАТ «Гнідавський цукровий завод» та разом з каналізаційними стоками обох підприємств створювали сморід, від якого потерпали жителі мікрорайонів Вересневе, Львівська, ДПЗ;

– власні очисні споруди, на яких здійснюється очищення промислових та зливових стоків, мають ТзОВ «Луцька картонно-паперова фабрика» та ПАТ «Гнідавський цукровий завод» ПАТ «СКФ Україна» та ДП МОУ ЛРЗ «Мотор». Частина підприємств, в основному транспортних, обладнані відстійниками, де відбувається локальна очистка стоків перед скидом у міську каналізаційну мережу, більшість мийок автотранспорту обладнані малими очисними спорудами, а інші промислові підприємства скидають стічні води у міську каналізацію. Ймовірно, що якість очистки стічних вод на таких локальних очисних спорудах невисока і потребує удосконалення.

Визначаючи загальні результати досліджень, слід зазначити, що величина екологічного індексу  $I_E$  коливається в межах 5,06 – 12,72, і це дає підставу віднести поверхневі води, що знаходяться у межах території міста Луцьк, до III і IV категорій, II та III класів якості поверхневих вод, тобто характеризувати стан водних об'єктів від «доброго» до «задовільного», а ступінь їх чистоти – від «досить чистої» до «слабко забрудненої»,  $\beta$  - мезосапробні, з переважаючим типом трофності – мезо-евтрофні.

На основі виконаного аналізу щодо впливу урбосистеми міста Луцьк на екологічний стан об'єктів «блакитної інфраструктури» та для покращення якості води в них, окреслено основні заходи, спрямовані на відновлення екологічного стану водойми, – необхідно здійснити модернізацію міських очисних споруд, розширити дощову каналізацію з локальними ефективними очисними спорудами, сприяти модернізації очисних споруд для рідких відходів ПрАТ «Гнідавський цукровий завод», до повної ліквідації полів фільтрації даного підприємства; щорічно продовжувати роботу щодо ліквідації засміченості та захаращеності русел річок, здійснювати постійний моніторинг якості поверхневих вод міста.

### **Список використаних джерел до розділу**

1. Боярин М. В., Цьось О. О., Волошин В. У. Екологічний стан річки Сапалаївка в умовах урбосистеми м. Луцьк. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Серія «Екологія»*. Вип. 23, Харків, 2020. С. 21-29. <http://dx.doi.org/10.26565-1992-4249-2020-23-02>.
2. *Волинський обласний центр з гідрометеорології*: веб-сайт. URL: <https://www.meteolutsk.net.ua>

3. Водний кодекс України: Відомості Верховної Ради України від 06.06.1995. № 213/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
4. Гриценко А. В., Васенко О. Г., Верніченко Г. А. Проект Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Харків: УкрНДІЕП, 2012. 37 с.
5. Васенко О. Г., Верніченко-Цветков Д. Ю., Коваленко М. С., Ковальова О. М., Поддашкін О. В. Екологічна оцінка стану поверхневих вод України з урахуванням регіональних гідрохімічних особливостей. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук пр. УкрНДІЕП*. Вип. XXXII. Харків: Райдер, 2010. С. 36–54.
6. Васенко А. Г., Коробкова А. В., Рибалова О. В. Екологічне нормування якості поверхневих вод з урахуванням регіональних особливостей. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. Т. 1(44). С. 21–33.
7. Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К. Водні об'єкти Луцька: гідрографія, локальний моніторинг, водопостачання та водовідведення. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*, 2016. т. 3 (42). с. 63-76 [http://nbuv.gov.ua/UJRN/glgh-ge\\_2016\\_3\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/glgh-ge_2016_3_9)
8. Екологічний паспорт м. Луцьк 2019 року. *Волинська державна обласна адміністрація*: веб-сайт. URL: <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-mlucka/>
9. *Луцька міська рада*: веб-сайт. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua>
10. Мольчак Я. О., Фесюк В.О., Картава О. Ф. Луцьк: сучасний екологічний стан та проблеми. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2003. 488 с.
11. Нетробчук І., Гошинська В. Екологічна оцінка якості води річки Стир у місті Луцьк. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки: Географічні науки*. Луцьк, 2018. Вип. 3 (376). С. 28-34.
12. Ничая О. О., Мельничук М. М., Тараськ Н. А. Геоекоекологічна реабілітація річок міста Луцьк (на прикладі р. Сапалаївка). *Стан та перспективи інноваційного розвитку міста Луцька: зб. наук. праць за матеріалами II наук.-практ. конф. Луцьк: Східноєвропейський нац. ун-т ім. Лесі Українки*, 2012. С. 98 -102.
13. Регіональний офіс водних ресурсів у Волинській області: веб-сайт. URL: <https://www.vodres.gov.ua/>
14. Nekos, A., Boiaryn M., Lugowska, M., Tsos, O., & Netrobchuk, I. (2021). Оцінка екологічного стану річок басейну Західного Бугу за індексом макрофітів (MIR). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*, Вип. 54, с. 316-328. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-24>
15. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. L. 327, vol. 43, 22.12.2000. 72 p.

---

## References to the chapter

1. Boiaryn, M. V., Voloshyn, V. U., & Tsos, O. O. (2020). Ecological Condition of the Sapalayivka River in the Conditions of Lutsk Urbosystem. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (23), 21-29. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-02>
2. Volyn Regional Center for Hydrometeorology. Retrieved from : <https://www.meteorolutsk.net.ua>



3. Water Code of Ukraine: Information of the Verkhovna Rada of Ukraine dated 06.06.1995. No. 213/95-VR. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
4. Hrytsenko, A. V., Vasenko, O. G., Vernichenko, G. A. (2012). *Project of the Methodology of Ecological Assessment of the Quality of Surface Waters by Relevant Categories*. Kharkiv: UkrNDIEP. 37.
5. Vasenko, O. G., Vernychenko-Tsvetkov, D. Yu. & Kovalenko, M. S., Kovalova, O. M., Poddashkin, O. V. (2010). Ecological assessment of the state of surface waters of Ukraine taking into account regional hydrochemical features. *Problems of environmental protection and environmental safety: coll. of Sciences UkrNDIEP*. XXXII. Kharkiv: Ryde. 36–54.
6. Vasenko, A. G., Korobkova, A. V., Rybalova, O. V. (2017). Ecological standardization of surface water quality taking into account regional features. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. 1(44). 21–33.
7. Zabokrytska, M. R., Khilchevskiy, V. K. (2016). Water bodies of Lutsk: hydrography, local monitoring, water supply and drainage. *Hydrology, hydrochemistry, hydroecology*, 3 (42). 63-76.
8. Environmental passport of the city of Lutsk in 2019. Retrieved from <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-mlucka/>
9. Lutsk City Council. Retrieved from <https://www.lutskrada.gov.ua>
10. Molchak, Y.O., Fesyuk, V.O., Kartava O.F. (2003). *Lutsk: modern ecological condition and problems*. Lutsk: RVV LDTU, 488.
11. Netrobchuk, I., Goshinska, V. (2018). Ecological assessment of the water quality of the Styr River in the city of Lutsk. *Scientific Bulletin of the East European National University named after Lesi Ukrainka: Geographical sciences*. Lutsk, 3 (376), 28-34.
12. Nychaya, O. O., Melniychuk M. M., Tarask, N. A. (2012). Geoecological rehabilitation of the rivers of the city of Lutsk (on the example of the Sapalaivka River). *State and prospects of innovative development of the city of Lutsk: coll. of science works based on the materials of the II science-practice conf*. Lutsk: Eastern European National. University named after Lesi Ukrainka, 98-102.
13. Regional office of water resources in the Volyn region. Retrieved from <https://www.vodres.gov.ua/>
14. Nekos, A., BoiarynM., Lugowska, M., Tsos, O., & Netrobchuk, I. (2021). Assessment of the ecological condition of the Western Bug river basin according to the macrophyte index for rivers (MIR). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (54), 316-328. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-24>
15. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (2000). *Official Journal of the European Communities*. 327, 43, 22.12.2000.72 .

## **2.3.6. SURFACE BODIES AND SPRINGS AS COMPONENTS OF THE BLUE INFRASTRUCTURE OF KHARKIV**

---

### **2.3.6. ПОВЕРХНЕВІ ВОДОЙМИ І ДЖЕРЕЛА ЯК СКЛАДОВІ БЛАКИТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ М. ХАРКІВ**

#### **MAKSYMENKO Nadiya**

Doctor of Sciences (Geography), Full Professor, Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences, V. N. Karazin Kharkiv National University, maksymenko@karazin.ua  
orcid.org/0000-0002-7921-9990

#### **PERESADKO Vilina**

Doctor of Sciences (Geography), Full Professor, Dean of the Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism, V. N. Karazin Kharkiv National University, vilinaperesadko@karazin.ua  
orcid.org/0000-0002-2439-2788

Abstract. The blue infrastructure of the city of Kharkiv includes natural (surface and underground) waters and an anthropogenically created water supply and drainage system. The article considers the natural component of the blue infrastructure which mainly consists of rivers, streams, reservoirs and springs - underground water outlets used by the population for drinking water consumption. The rivers of the city belong to the basin of the Uda River. These are the Lopan, Kharkiv and Nemyshlya rivers. The hydrological regime of the rivers is strongly disturbed by the system of dams within the city of Kharkiv. The flow regulation leads to a decrease in the slope of the free surface, the speed of the flow, as well as its transport capacity. As a result, sediments are deposited



at the bottom of the reservoir. The blue infrastructure also includes reservoirs, the main of which are Zhuravlivka, Lozovenky, Nova Bavaria and Oleksiivka. The ecological water quality in surface reservoirs does not meet sanitary standards.

According to hydrogeological conditions, the city of Kharkiv is supplied with underground waters quite well but they are scarcely used as sources of drinking water. In total, there are more than two dozen springs on the territory of the city, used by the population for drinking purposes. The sanitary and technical conditions depend on the catchments arranged at a high level, to the primitive catchments in the form of an outlet pipe. There is chemical and bacteriological water pollution in the city due to the unsatisfactory sanitary condition of the territory and the significant influence of industry, communal facilities and transport on some springs. The authorities must take a set of measures to improve the situation so the population could use spring water for drinking purposes.

**Key words:** blue infrastructure, surface water, underground water, spring, river, reservoir.

**МАКСИМЕНКО Надія Василівна** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, ННІ екології, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна, 61022, maksymenko@karazin.ua orcid.org/0000-0002-7921-9990

**ПЕРЕСАДЬКО Віліна Анатоліївна** – доктор географічних наук, професор, декан факультету геології, географії, рекреації і туризму, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна, 61022, vilinaperesadko@karazin.ua, orcid.org/0000-0002-2439-2788

Анотація. Блакитна інфраструктура міста Харків складається з природних (поверхневих і підземних) вод та антропогенно створеної системи водопостачання і водовідведення. Розглянуто природну складову блакитної інфраструктури, що, головним чином, складається із річок, струмків, водосховищ та джерел – виходів підземних вод, що використовуються населенням для питного водоспоживання.

Річки міста належать до басейну р. Уди. Це річки Лопань, Харків та Немишля. Гідрологічний режим річок сильно порушений системою гребель у межах м. Харкова. Регулювання стоку приводить до зменшення ухилу вільної поверхні, швидкості течії, транспортної здатності потоку. Унаслідок цього наноси осаджуються і відкладаються на дні водоймища. До блакитної інфраструктури також належать водосховища, основними з яких є Журавлівське, Лозовеньківське, Новобаварське і Олексіївське. Екологічна якість води поверхневих водойм не відповідає санітарним нормам.

Місто Харків за гідрогеологічними умовами добре забезпечене підземними водами, але вони дуже мало використовуються як джерела питної води. Усього на території міста є більше двох десятків джерел, які використовуються населенням для питних цілей. Санітарний і технічний стан залежить від упоряджених на високому рівні каптажів, до примітивних каптажів у вигляді вивідної труби. Через незадовільний санітарний стан території та значний вплив промисловості, комунальних об'єктів і транспорту на деякі джерела спостерігається хімічне й бактеріологічне забруднення води. Для можливості використання води джерел для питних потреб необхідно провести комплекс заходів.

**Ключові слова:** блакитна інфраструктура, поверхневі води, підземні води, джерело, річка, водосховище.

До об'єктів блакитної інфраструктури м. Харків можна віднести поверхневі водойми (річки, струмки, водосховища, штучні водойми) та виходи підземних вод – джерела, що використовують для альтернативного питного водопостачання населення.

Гідрографічна мережа м. Харкова відноситься до басейну р. Сіверський Донець. Найбільш великою рікою, що протікає в межах міста, є р. Уди, що впадає в р. Сіверський Донець праворуч на 815 км від її гирла (рис. 1).

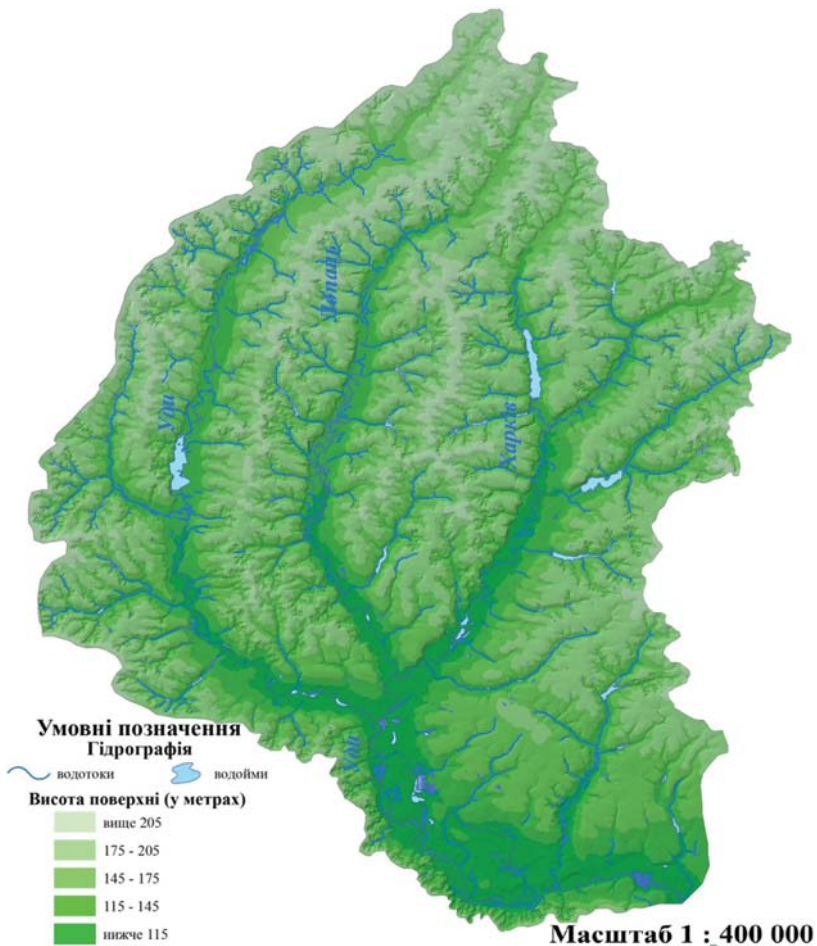


Рис. 1. Водозбірний басейн р. Уди (м-б змінено)

Fig. 1. Catchment basin of the Udy river (scale is modified)

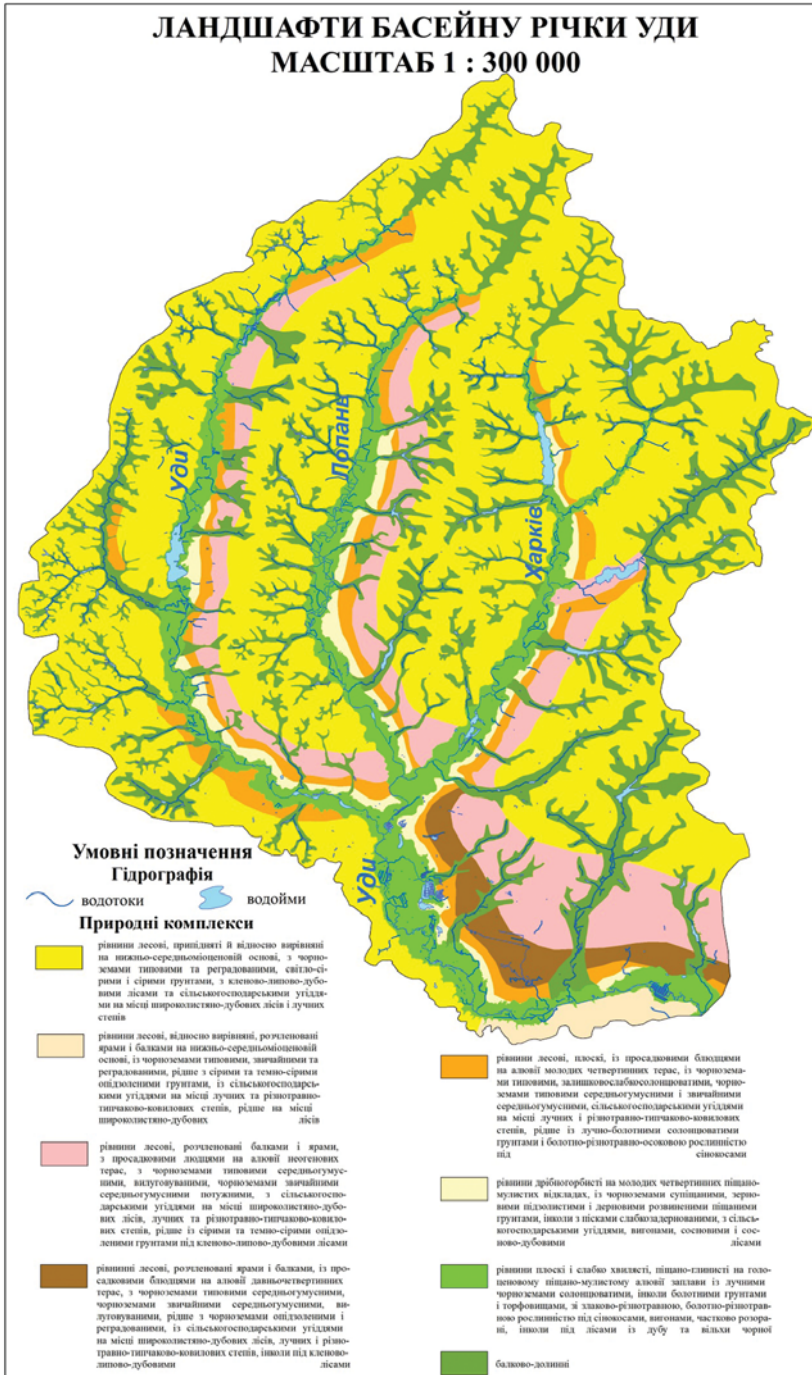


Рис. 2. Ландшафти басейну р. Уди

Fig.2. Landscapes of the Udy river basin

Довжина річки 164 км, площа водозбору 3894 км<sup>2</sup>. Починається вона в с. Безсонівка Білгородської області з джерел. Оцінка гирла — 85 м над рівнем моря. Поверхня басейну рівнинна. Переважні ерозійні форми рельєфу — долини, балки і яри. Глибина ерозії від 50—200 м. Густота яружно-балкової мережі досягає 2,5 км на 1 км<sup>2</sup>.

Долина річки трапецієвидна, у середньому завширшки 2,0—2,2 км, завглибшки 85—100 м. Правий схил більш крутий, високий, розчленований ярами і балками, а лівий — пологий, низький, терасований (рис. 2). Заплава двостороння, лучна, торф'яниста, місцями пересічена протоками, балками й озерами. Русло звивисте і помірно звивисте, малозаросле. Швидкість течії 0,1—0,2 м/с. Дно піщане, місцями кам'янисте. Середній багаторічний модуль стоку для басейну р. Уди дорівнює 2,4 л/с з 1 км кв [1].

Річка Уди на всій своїй течії характеризується як надмірно забруднена. Спостереження за її станом проводяться у 3 створах.

Річка Уди після впадіння р. Рогозянка, р. Лопань та р. Харків в межах міста, в тому числі рекреаційна зона на Салтівському житловому масиві, для рекреаційного використання абсолютно непридатна (рис. 3-4).

Найбільшою притокою р. Уди є р. Лопань (довжина 96 км, площа басейну 2000 км<sup>2</sup>). Річка Лопань бере початок у заболоченій балці в с. Долбино Білгородської області. Впадає в р. Уди ліворуч на 55 км від її гирла, біля с. Филипово, 5 км нижче м. Харкова.

Басейн річки являє собою піднесену, глибоко розчленовану і сильно яружну рівнину. Густота ярово-балкової мережі порядку 1,0—1,25 км на 1 км<sup>2</sup>; глибина ерозії 100—200 м.



Рис. 3. Річка Уди в межах м. Харків

Fig. 3. The Udy river flowing on the Kharkiv city territory



Рис. 4. Місце впадіння р. Харків (праворуч) у р. Лопань (ліворуч)

Fig. 4. The confluence of the Kharkiv river (right) with the Lopan river (left)



Долина річки трапецієвидна, місцями U-образна, звичайно завширшки 1,5–3,0 км. Правий схил опуклий, помірно крутий (10–12°), сильно порізаний балками і ярами, лівий – прямий, пологий (до 5°), помірно розчленований (рис. 2). Заплава рівна, зволожена, заросла вологолюбивими травами, рідше чагарником. Навесні вона затопляється на 10–15 днів шаром води від 0,5–1,0 до 1,5–2,0 м.

Русло Лопані помірно звивисте, майже нерозгалужене. Швидкість течії 0,2–0,8 м/с. Дно піщане, тверде. Місцями русло штучно випрямлене. Береги низькі (1,0–1,5 м), пологі і помірно круті. У м. Харкові вони штучно обваловані, і висота їх досягає 3–5 м. У центрі міста річка укладена в граніт, береги облицьовані каменем (район Радянської площі). Середній багаторічний модуль стоку для басейну – 2,5 л/с з 1 км кв [1].

Спостереження на річці Лопань проводяться у 2 створах.

Основною притокою Лопані є р. Харків. Вона бере початок у с. Бондарівка Білгородської області. Впадає дана річка в Лопань за 11 км від гирла, майже в центрі міста.

Рельєф басейну рівнинний, глибоко розчленований, сильно яружний (1,0–1,25 км на 1 км<sup>2</sup>). Трапецієвидна долина р. Харків має ширину в середньому 2 км. У межах міста лугова тераса сильно видозмінена: зайнята набережними, вулицями, забудована будинками. У передмісті її використовують під городи, косовиці, пасовища й інші угіддя.

Заплава двостороння, лугова, низька, місцями заболочена зарослими луговими травами, осокою й очеретом; заболочені ділянки місцями покриті рідким чагарником. У період весняного паводка заплава затопляється на глибину від 1,0 до 3,0 м терміном на 10–15 днів.

Русло річки помірно і сильно звивисте, нерозгалужене. Глибини його порядку 0,3–0,4 м, найбільша 1,4 м. Місцями річка щорічно пересихає. Береги низькі і пологі. Переважна висота їх 1,0 м. У межах міста русло річки штучно поглиблено, а береги обваловані. Червоношкільна набережна оздоблена каменем, уздовж русла розбиті сквери. У верхній течії дно сильно замулене, у нижній воно щільне, складене дрібнозернистим піском.

Річка Немишля – ліва притока р. Харків, протікає зі сходу на захід і впадає в неї в районі Журавлівки. Довжина річки 25 км, площа водозбору 68 км<sup>2</sup>, ухил 25 м, середній 1,02 м/км.

Долина річки симетрична, з пологими схилами. Заплава виражена слабо (рис. 2). Водотік у руслі річки постійний за винятком ділянки розташування водозбору ХТЗ, де стік відсутній у результаті інтенсивної відкачки підземних і поверхневих вод.

Річний хід рівня води вищевказаних річок характеризується ясно вираженим весняним паводком, низькою і тривалою літньо-осінньою і зимовою меженню, порушуючись іноді невисокими і короткочасними дощовими паводками.

Гідрологічний режим річок сильно порушений системою гребель у межах м. Харкова. Регулювання стоку приводить до зменшення ухилу вільної поверхні, швидкості течії, транспортної здатності потоку. Унаслідок цього наноси, які тягнуться потоком по дну чи в завислому стані, осаджуються і відкладаються на дні водоймища. У результаті замулювання річок і відповідного зниження їхньої дренажної спроможності на території району підтоплена велика кількість сільських населених пунктів, розташованих на заплавах і перших надзаплавних терасах, а також значні площі сільськогосподарських угідь. Крім того, природно високі рівні ґрунтових вод мають тенденцію до підвищення через розораність схилів і заплавних ділянок, що різко активізує замулювання річок.

Відклади, що сформувалися у водоймищах у процесі замулювання, містять у даний час велику кількість шкідливих домішок; у межі промзони – це відходи виробництва, у сільській місцевості – це результат інтенсивної агромеліорації полів і городів. По одиничних аналізах Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна мулісті відклади річок у межах міської межі мають у своєму складі елементи навряд чи не всієї періодичної таблиці Д. М. Менделєєва.

Річки Уди, Лопань та Харків належать до 4-ї категорії з якості поверхневих вод. Води цієї категорії – це екосистеми з елементами регресу, що зазнають антропогенного навантаження, яке перевищує межі адаптаційних можливостей їхніх біоценозів. Ці води мають обмежену сферу застосування і потребу значних витрат на водопідготовку [1].

Убасейнах вищевказаних річок є природні і штучні водойми (табл. 1.). Озера, як правило, приурочені до долин річок і розташовані в заплавах. Ставки побудовані в балках і долинах річок. Вони використовуються для зрошення, розведення риби та в рекреаційних цілях.

Таблиця 1

Зведені дані щодо характеристики водосховищ,  
які розташовані у м. Харків [1]

| Найменування    | На якій річці | Відстань від греблі до джерела річки, км | Площа водозбору, км <sup>2</sup> | Площа дзеркала, км <sup>2</sup> | Об'єм НПГ, млн м <sup>3</sup> |          |
|-----------------|---------------|--|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
|                 |               |  |                                  |                                 | повний                        | корисний |
| Новобаварське   | Уди           | 106                                      | 1130                             | 0,45                            | 0,86                          | -        |
| Лозовеньківське | Лозовенька    | 14                                       | 70                               | 1,3                             | 5                             | 3,5      |



|              |        |    |      |      |      |   |
|--------------|--------|----|------|------|------|---|
| Олексіївське | Лопань | 81 | 810  | 0,21 | 0,55 | - |
| Журавлівське | Харків | 65 | 1040 | 0,32 | 0,67 | - |

До водогосподарської системи в межах м. Харкова належать водосховища: Новобаварське, Журавлівське та Лозовеньківське (рис. 5, 6). Призначення цих водосховищ – рекреація, сільгосподопостачання та поповнення малих річок м. Харкова, але система не працює у повну міру.

Штучні водойми, розташовані в межах міста і його околиць, у значній мірі регулюють радіаційний і тепловий режим земної поверхні й атмосфери, створюють характерний вітровий режим і визначають мікроклімат міста. Їхній вплив виявляється на метеорологічному режимі прилягаючих територій. У теплий час року в зоні впливу водоймищ і лісонасаджень знижується температура повітря, збільшується його вологість, змінюється вітровий режим.

З метою захисту річок і водойм від замулення і забруднення, поліпшення їхнього стану в процесі господарської діяльності необхідно керуватися наступними основними положеннями. У межах прибережних смуг забороняється: систематичне розорювання земель, застосування отрутохімікатів, випас худоби й організація літніх таборів для худоби, будівництво баз відпочинку, стоянок і мийок автомашин, виконання руслорегулюючих робіт без затвердженого проекту, розміщення звалищ сміття, відходів виробництва і т.д., засипання без відповідних проєктів заплавних озер і стариць, оранка, дискування, фрезерування земель на відстані ближче 3 м від брівки русла.

На території водоохоронних зон і прибережних смуг необхідно: суворо дотримуватись вимог по першочерговому впровадженню комплексу протиерозійних заходів, особливо заходів щодо залудіння і створення прируслових лісонасаджень; широко використовувати біологічні методи боротьби зі шкідниками і хворобами рослин;



Рис. 5. Журавлівське водосховище

Fig. 5. Zhuravlivka reservoir



Рис. 6. Лозовеньківське водосховище

Fig. 6. Lozovenky reservoir

забезпечити запобігання доступу забруднених стічних вод з території виробничих центрів і господарських дворів у руслі річок, струмків і водойм; поліпшити захисні функції трав'янистої і деревинно-чагарникової рослинності ґрунтозахисного і водоохоронного значення.

Особливими об'єктами гідромережі м. Харків є природні джерела. Джерельна вода для питних потреб використовується з моменту заснування міста. З літературних джерел [2, 3, 4] відомо, що найбільшою популярністю користувались такі джерела:

1. Павлівські ключі (Саржин Яр);
2. Богомолівське джерело (Карпівський сад);
3. Хрестова криниця (внизу вул. Усовської);
4. Білгородська криниця (на початку вул. Білгородської, нині – вул. Шевченко);
5. Ключі на колишній Тюринській дачі та дачі Рашке;
6. Ключі по річці Немишля;
7. Ключі в Олексіївському яру;
8. Ключі в яру глибокому (Салтівське селище);
9. Основ'янські ключі (у яру біля станції «Основа»);
10. Ключі Залютинського яру;
11. Куряжські ключі;
12. Солоницівські ключі.

Джерела м. Харкова відрізнялися порівняно великим і стійким дебітом, до 6 - 18 л/сек та мали високу якість води. Розташовувалися вони в доступних місцях біля підніжжя схилів, у долинах річок і балок, у межах тодішньої міської та приміської зон.

У централізованому водопостачанні міста в XIX столітті основну роль відіграли води Богомолівського джерела (до 1872 року), Хрестової криниці та Павлівських ключів (до 1885 р.) [3].

По мірі зростання міста до інтенсивного використання залучалися інші джерела: Олексіївське, Залютинське, Основ'янські ключі, ключі на колишній Тюринській дачі і дачі Рашке, ключі на річці Немишля та у яру Глибокому.

Перші відомості про забруднення джерел Богомолівського, Павлівського та інших відносяться до кінця XIX – початку XX століть.



Рис. 7. Облаштована територія, прилегла до Шатилівського джерела

Fig. 7. Landscaped area adjacent to Shatilivske spring

Оскільки джерела живили міський водопровід, то в якості засобів очистки вод від бактеріологічних забруднень робились спроби хлорування води.

На початку ХХ століття, з появою свердловинних джерел, водопостачання, місто переорієнтовується на підземні води, що залягають більш глибоко і краще захищені від забруднення.

Інтенсивне будівництво й перепланування міста призвели до того, що згодом багато джерел були засипані, інші замулились і знизився їх дебіт. Розвиток промисловості й комунального господарства став причиною поступового погіршення якості води.

Але все ж досить багато джерел збереглися і до сьогодні. Стан їх різний. Так, давно упоряджена й підтримується в задовільному стані територія навколо високодебітного джерела в Саржиному Яру – Шатилівського (рис. 7).

Дебіт джерела і хімічний склад води порівняно стабільні протягом тривалого періоду спостереження. Вода джерела використовується для розливу під назвою – «Харківська-1».

Вода джерела по вул. Мінераловодній (колишня «Тюринська дача») також у недалекому минулому використовувалася для розливу як «Харківська-2», але завод був закритий через несприятливу санітарно-епідеміологічну обстановку на території підпитки джерела. У цей час каптаж його частково зруйнований, але комунальні служби міста періодично ведуть тут відбудовні роботи.

Останнім часом за активної участі міського відділу охорони навколишнього середовища виконана реконструкція території джерела по вул. Печенізькій (долина р. Немишля), що значно підвищило його популярність серед населення. Його відвідують жителі не тільки найближчої округи, але й з інших районів міста.



Рис. 8. Джерело «Китлярчин Яр»

Fig. 8. Kitlyarchyn Yar spring



Рис. 9. Джерело «Глибокий яр»

Fig. 9. Deep yar spring

- Майже в кожному адміністративному районі міста є джерела з досить високими дебітами;
- Київський район – джерела у Манжосовому Яру (Північна Салтівка), на Тюринській Дачі і у районі вул. Челюскінців;
- Шевченківський район -джерела в Саржиному Яру, Олексіївській балці та на території Свято-Пантелеймонівської церкви;
- Салтівський район – джерела в Китлярчому та у Глибокому Ярах;
- Холодногірський район – джерела в парку «Юність»;
- Новобаварський район – серія джерел під правим крутим берегом річки Лопань від Москалівської греблі до Новоселівки;
- Немишлянський район – джерела в долині річки Немишля (вул. Новопроектна, Петренківська водойма, вул. Немишлянська), а також по балці Жихорець (вул. Чапаєва, Раскової, пров. Гвардійський) [5].

Крім згаданих вище, до упорядкованих (або частково упорядкованих) можна віднести джерела: «Олексіївське» (в районі вул. Клочківської), «Пантелеймонівське» (на території церкви), «Джерельце» (вул. Командарма Уборевича), у Глибокому Яру (вул. Тимурівців), в парку «Юність» (рис. 8-11).



Рис. 10. Джерело у парку Юність

Fig. 10. Spring in Yunist park



Рис. 11. Джерело «Манжосів Яр»

Fig. 11. Manzhosiv Yar spring



Ступінь упорядкованості територій поблизу джерел різна, що певною мірою залежить від їх популярності та відвідуваності.

Санітарні і технічні умови їх різні – від добре впроваджених до примітивних – у вигляді простої вивідної труби. Через незадовільний санітарний стан території і значний вплив промисловості, комунального господарства і транспорту на частині джерел виявлене хімічне і бактеріологічне забруднення води.

Санітарно-епідеміологічною службою м. Харків постійно проводиться контроль якості води в цих джерелах, за результатами якого складена таблиця 2.

Таблиця 2

Показники екологічного стану джерельних вод м. Харків [6]

| № з/п | Назва джерела         | Показники, що постійно не відповідають нормам (більш 50% проб) | Показники, що періодично не відповідають нормам (до 50% проб) | Показники, що епізодично не відповідають нормам (одиничні випадки) |
|-------|-----------------------|--|---|--|
| 1     | Шатилівське           | Жорсткість   | Br  | Al, Si, NO <sub>2</sub> , B, Li                                    |
| 2     | Салтівське – 1        | Pb, SO <sub>4</sub> , Br, Na, сухий залишок, жорсткість        |   | Al, Ni, Cd, Ba, феноли   |
| 3     | Салтівське – 2        | SO <sub>4</sub> , жорсткість                                   |   | Al, NO <sub>3</sub> , Mn, Li, Cd, сухий залишок                    |
| 4     | Олексіївське – 1      |  | Li, Br  | Жорсткість, NO <sub>2</sub> окислюваність,                         |
| 5     | Немишлянське-1        | SO <sub>4</sub> , жорсткість                                   | Br, сухий залишок   | Pb, NO <sub>3</sub> окислюваність,                                 |
| 6     | Північно-салтівське-1 | Al, SO <sub>4</sub> , Br, Cd, жорсткість                       |   |  |
| 7     | Тюринське             | Жорсткість, Mn   | Br, NO <sub>2</sub>   | Pb, NO <sub>3</sub> , F, окислюваність                             |
| 8     | Петренківське         | Br   |   | NO <sub>3</sub>  |
| 9     | Карпівське            | Жорсткість   | Na  | NO <sub>3</sub> , Cd, Br, окислюваність                            |
| 10    | Пантелеймонівське     |  |   | As, Mg, Na, Cr, NO <sub>3</sub> , Br, Pb, сухий залишок            |
| 11    | Салтівське-3          | Na, Br   |   |  |
| 12    | “Павленки”            |  | Br  | Жорсткість, NO <sub>3</sub> , Sr, сухий залишок                    |
| 13    | ГСК Ювілейний         | Жорсткість, Br   |   |  |

|    |                        |  |                          |                              |
|----|------------------------|--|--------------------------|------------------------------|
| 14 | Журавлівське           | NO <sub>2</sub> , Na                                       | NO <sub>3</sub> , Br     | Al, Pb, сухий залишок        |
| 15 | Немишлянське-2         | Жорсткість, Li, Br   |                          |                              |
| 16 | Новозахідне-1          | Br   |                          |                              |
| 17 | Парк "Юність"          | Жорсткість   | Mn, Br                   | Pb, Mn, Cr, Cd окислюваність |
| 18 | Новозахідне-2          | Жорсткість, NO <sub>3</sub> , Na, SO <sub>4</sub> , Br, Cd | Сухий залишок            |                              |
| 19 | Мотель "Дружба"        | Жорсткість, NO <sub>3</sub>                                |                          |                              |
| 20 | ГСК "Гігант"           | Жорсткість, As, Pb, SO <sub>4</sub> , Br                   |                          |                              |
| 21 | Північно-салтівське-2  | Жорсткість, Al, SO <sub>4</sub> , Br, Cd                   |                          |                              |
| 22 | Богомолівське          | Жорсткість, сухий залишок, Br                              |                          |                              |
| 23 | "Білгородська криниця" | Жорсткість, сухий залишок, SO <sub>4</sub>                 | NO <sub>3</sub> , Na, Br | As, Pb, Cd                   |

Таким чином, екологічний стан природної складової блакитної інфраструктури м. Харків характеризується такими особливостями:

1. Річки міста протягом року в цілому маловодні, що затруднює процес розбавлення стічних вод;
2. Води річок міста мають 4 категорію якості і можуть використовуватись лише за умови додаткової підготовки;
3. Прибережні смуги річок не відповідають санітарним нормам;
4. Мулисті відклади річок м. Харків мають в своєму хімічному складі майже всю таблицю Д. Менделєєва.

### **Список використаних джерел до розділу**

1. Екологічний атлас Харківської області. Харківська обласна державна адміністрація. Укр. науково - дослідний інститут екологічних проблем. Харків, 2005.
2. Захарченко Г. М. О возможности использования естественных источников в районе Харькова. *Записки геологического факультета ХГУ*. 1955. 34 с.
3. Федоровский А. С. К вопросу о запасах подземных вод г. Харькова. Харьков, 1934. 27 с.
4. Блудов В. О. Звіт про інженерно-геологічну зйомку території листів М-37-61-В та М-37-73-А масштабу 1:50000. *ХДЮ*. Харків, 1966. С. 87.
5. Джерела Харкова. Звіт на тему Північно-Східного наукового центру. Харків, 2001. 54 с.
6. Яковлев В. В., Соколов Ю. П., Мирка Г. Е. Геолого-экологические исследования промышленно-городской агломерации г. Харькова. *ХГРЭ*. Харьков, 1994. С. 28.



---

## References to the chapter

1. Ecological atlas of the Kharkiv region. (2005). Kharkiv Regional State Administration. Ukraine Scientific Research Institute of Environmental Problems. Kharkiv.
2. Zakharchenko, G. M. (1955). On the possibility of using natural sources in the Kharkov district. *Notes of the geological faculty of KSU*.
3. Fedorovsky, A. S. (1934). On the issue of underground water reserves in Kharkov. Kharkiv.
4. Bludov, V. O. (1966). Report on the engineering and geological survey of the territory of sheets M-37-61-B and M-37-73-A on a scale of 1:50000. HDU. Kharkiv.
5. *Sources of Kharkiv*. (2001). Report on the subject of the North-East Science Center. Kharkiv.
6. Yakovlev, V. V., Sokolov, Yu. P., Myrka, G. E. (1994). Geological-ecological studies of the industrial-city agglomeration of Kharkiv. HGRE Kharkiv.

## **2.3.7. Ecological aspects of the formation of blue infrastructure in the city of Yaremche (Carpathian National Natural Park)**

### **2.3.7. Екологічні аспекти формування блакитної інфраструктури м. Яремче (Карпатський національний природний парк)**

#### **GOPTSIY Maryna**

PhD in Geography, Senior Lecturer Department of Land Hydrology, Odesa State Environmental University, Odesa, Lvivska 15,  
<https://orcid.org/0000-0002-3437-3732>,  
[maryna.goptsiy@gmail.com](mailto:maryna.goptsiy@gmail.com)

#### **KUSHCHENKO Liliia**

PhD student of Department of Land Hydrology, Odesa State Environmental University, Odesa, Lvivska 15  
<https://orcid.org/0000-0001-6770-1627>

**Abstract.** The study is devoted to the analysis of the ecosystem of the city of Yaremche, namely its natural and hydrological components. The city is located in the valley of the Prut River (54 km from the source) on the territory of the Carpathian National Natural Park.

The region under study is characterized as the most flood-prone region in Ukraine. The consequences and damage caused by floods and villages have repeatedly brought the region to the top ten on the list of those affected by natural disasters according to the CRED rating.

A water source, as a natural object, is quite sensitive to changes in the natural environment and acts as a kind of climatic indicator. Monitoring of natural water sources is an important element in the study of regional and global climate change since urbanized ecosystems make changes to the natural processes and conditions for the formation of river flow.



The territory is characterized by significant afforestation of watersheds (87%). According to the research department of the Carpathian National Natural Park, the natural forest ecosystems of the city, represented in the Yaremche and Yamnyansky research departments, did not experience a significant impact of human intervention. They play a regulatory role during extreme runoff.

Cities, towns, and engineering buildings are increasingly making changes to the natural processes and conditions for the formation of river flow. During floods, the water level can rise by 2–5 meters. On the territory of the city, it will be noted the release of water into the floodplain and the flooding of the territory. Any increase in the level can have dangerous consequences since there are buildings for both residential and commercial purposes in the floodplain.

In addition, in the channel and floodplain of the rivers, there is garbage that has a negative ecological state and aesthetic appearance and fragments of wood that form unfavorable conditions for the flow of rivers.

Complex treatment facilities operate in Yaremche, which treat wastewater from the residential sector of the city and several small enterprises.

Almost all pollutants are found in river water in concentrations close to the boundary. The possibility of untreated effluents from private sector households or recreation complexes entering the river and flushing from agricultural land is also not ruled out.

To achieve a good ecological state on the rivers, an integrated approach to water resource management is required.

**Keywords:** city ecosystem, natural hydrological analysis, water regime, rivers, treatment facilities, water quality.

**ГОПЦІЙ Марина Володимирівна** – канд. геогр. наук, старший викладач кафедри гідрології суші Навчально-наукового гідрометеорологічного інституту Одеського державного екологічного університету, 65016, Україна, м. Одеса, вул. Львівська, 15 <https://orcid.org/0000-0002-3437-3732>, [maryna.goptsiy@gmail.com](mailto:maryna.goptsiy@gmail.com)

**КУЩЕНКО Лілія Вікторівна** – здобувач кафедри гідрології суші Навчально-науково-го гідрометеорологічного інституту Одеського державного екологічного університету, 65016, Україна, м. Одеса, вул. Львівська, 15 <https://orcid.org/0000-0001-6770-1627>

**Анотація.** Дослідження присвячено аналізу екосистеми міста Яремче, а саме її природно-гідрологічної складової. Місто розташовано в долині річки Прут (на 54 км від витоку) на території Карпатського національного природного парку.

Досліджуваний регіон характеризується як найбільш паводконебезпечний регіон України. Наслідки та збитки, які приносять паводки та селі, вже неодноразово виводили регіон у десятку в списку постраждалих від стихійних лих за рейтингом CRED.

Водне джерело як природний об'єкт є досить чутливим до змін навколишнього природного середовища і виступає своєрідним кліматичним індикатором. Моніторинг природних водних джерел є важливим елементом у вивченні регіональних і глобальних кліматичних змін, оскільки урбанізовані екосистеми вносять зміни в природній процес та умови формування стоку річок.

Територія характеризується значною залісеністю водозборів (87%). За дослідженнями науково-дослідного відділу Карпатського НПП природні лісові екосистеми міста, що представлені в Яремчанському та Ямнянському ПНДВ, не зазнали істотного впливу людського втручання, а тому виконують регулюючу роль під час екстремального стоку.

Міста, селища та інженерні споруди все більше вносять зміни в природні процеси та умови формування стоку річок. В період паводків рівень води може підніматися на 2-5 метрів. На території міста буде відмічатися вихід води у заплаву та підтоплення території. Будь-яке підвищення рівня може мати небезпечні наслідки, оскільки в заплаві є будівлі як житлового, так і господарського призначення.

Крім того, в руслі та заплаві річок є сміття, що має негативний як екологічний стан, так і естетичний вигляд, та уламки деревини, що утворюють несприятливі умови для стоку річок.

У місті Яремче працюють комплексні очисні споруди, які очищають стічні води житлового сектору міста та декількох невеликих підприємств.

Практично всі речовини-забруднювачі перебувають у річкової воді у концентраціях, близьких до граничних. Не виключається також можливість потрапляння у річку неочищених стоків з домогосподарств приватного сектору або відпочинкових комплексів, змивів з сільськогосподарських угідь.

Для ефективного функціонування екосистеми м. Яремче необхідний комплексний підхід в управлінні водними ресурсами, з метою досягнення доброго екологічного стану на річках.

**Ключові слова:** екосистема міста, природно-гідрологічний аналіз, водний режим, річки, очисні споруди, якість води.

---

В рамках Літньої школи (13-27 вересня 2021 року), яка була організована International Visegrad Fund project «GAP - Green & Blue Infrastructure in Post-USSR Cities: Exploring Legacies and Connecting to V4 Experience», та проекту Erasmus+ CBHE «INTENSE - Integrated Doctoral Program for Environmental Policy, Management and Technology», авторами досліджено природно-гідрологічні аспекти екосистеми міста Яремче, що розташоване на території Карпатського національного природного парку (рис. 1).

Карпатський національний природний парк (Карпатський НПП) створений відповідно до постанови Ради Міністрів УРСР № 376 від 3 червня 1980 року [1], розташований на території Яремчанського краю. Карпатський НПП, площею 50 495 га (землі постійного користування – 38 322 га, землі інших користувачів – 12 173 га), має загальнодержавне значення і входить до складу природно-заповідного фонду України. Головною метою і завданням Карпатського НПП є збереження, відтворення та ефективне використання природних комплексів та об'єктів Чорногори і Горган, що мають особливу природоохоронну, оздоровчу, історико-культурну, наукову, освітню та естетичну цінність [3]. В місті Яремче за адресою вул. Василя Стуса, 6 розташовано Еколого-освітній візит-центр та науково-дослідні відділи Національного природного парку «Карпатський» (рис. 2).

Міста та селища, інженерні споруди все більше впливають на стан природи. Антропогенні, перетворені людиною урбанізовані екосистеми вносять зміни в природній процес та умови формування стоку річок.

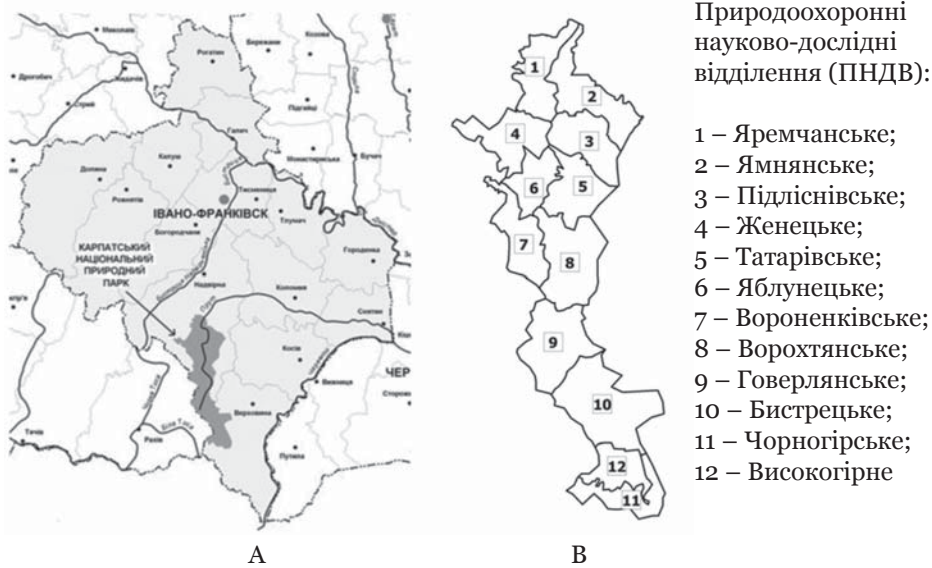


Рис. 1. Карто-схеми розташування Карпатського національного природного парку (А) в Івано-Франківській області та його природоохоронних науково-дослідних відділень (В) [1]

Fig. 1. Map-scheme of the Carpathian national nature park (A) in Ivano-Frankivsk region and its nature-research units (B) [1]

Отже, моніторинг природних водних джерел є важливим елементом у вивченні регіональних і глобальних кліматичних змін. Неконтрольована вирубка лісу в горах призводить не лише до збільшення поверхневого стоку, а й до зміни мікроклімату долин, пересихання гірських водних джерел, зростання селе- та лавинної небезпеки [3].

Водне джерело як природний об'єкт є досить чутливим до змін навколишнього природного середовища і виступає своєрідним кліматичним індикатором. На фоні глобальних кліматичних змін виникають реальні ризики зміни режиму природних водних об'єктів, які відмічають вітчизняні вчені [4] у своїх дослідженнях: в період до 1989 року у живленні річок скорочувались частки внутрішньогрунтового та снігового видів живлення та зростали, відповідно, частки дощового і постійного підземного живлення; у сучасний період – відбувається певний перерозподіл стоку протягом року, а саме відмічається тенденція до загального вирівнювання внутрішньорічного його розподілу [4]. У межах Карпатського НПП така тенденція рідко, але все ж відзначається з другої половини 90-х рр. XX ст. [5].

Однією з головних причин негативних наслідків антропогенного впливу на водні об'єкти є споживацьке ставлення до них. Вода як природний ресурс, на відміну від нафти, газу, вугілля, кожен рік відновлюється



Рис. 2. Візит учасників літньої школи до науково-дослідного відділу Карпатського Національного природного парку

Fig. 2. Visit of the participants of a Summer school to research unit of the Carpathian national nature park

в процесі глобального водообміну. Тому водні ресурси довго вважалися невичерпними і здатними до самоочищення. Проте посилення впливу людини на водні джерела і ландшафти водозбірних басейнів призвело до порушення умов формування стоку і водного режиму, зниження самовідновлювальної здатності водних об'єктів, що зумовило зменшення водності річок, зниження їх біопродуктивності, погіршення якості води та збільшення негативного впливу дії вод на земельні ресурси [5].

Місто Яремче (раніше Яремча) розташовано в міжгірній улоговині Українських Карпат (рис. 1, с), у межах гірського масиву Горган, а саме у південно-західній частині Івано-Франківської області, неподалік від Покутсько-Буковинських Карпат та Чорногори. Висоти гір коливаються від 400 м до 1542 м. Яремче оточено горами зусібіч: з півдня і південного заходу хребет Явірник, з заходу – Щівка, Чорногориця, Синячка, зі сходу – Маковиця. Площа міста 114 км<sup>2</sup>, а чисельність населення – близько 8 тис. чоловік [6].

Блакитну інфраструктуру у м. Яремче формують струмки Боярський та Малявський, які проносять свої стрімкі води через усе місто, впадають у річку Прут. Річка Прут бере початок у Східних Карпатах, біля підніжжя найвищої точки українських Карпат – гори Говерла, протікає через дві області в Україні (Івано-Франківську та Чернівецьку), а також по кордону з Молдовою та Румунією.

Від витоків і майже до міста Чернівці річка Прут має яскраво виражений гірський характер, русло дуже розгалужене, правий берег стрімкий, подекуди поперечний профіль русла має вигляд урвища. Ширина Прута тут коливається від 50-70 м до 150 м, на розгалужених ділянках – 500-800 м. Глибина в межень становить не більше 0,5-1,5 м, а при найбільших рівнях води – до 6 м. Швидкість течії у верхів'ї дуже велика – до 1-1,2 м/с, під час паводків сягає 4 м/с.



Площа водозбору річки Прут до м. Яремче складає 597 км<sup>2</sup> (довжина від витоку – 54 км, середній ухил – 21,8 ‰, середня висота – 990 м), а загальна його площа – 27500 км<sup>2</sup>. Басейн р. Прут на сході межує із вододілом р. Дністер, а на заході – р. Серет. За класифікацією, яка наведена у статті 79 Водного кодексу України (1995 р.) [7], за площею досліджуваній водозбір р. Прут до міста Яремче відноситься до малих водозборів, весь басейн Прута – до середніх. Тоді як за класифікацією згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС (2000 р.) [8] розглянутий водозбір р. Прут до м. Яремче за своєю площею буде середній, а весь басейн Прута – дуже великий.

Ухил річки змінюється від 100 ‰ (біля г. Говерла – у Верхній течії) до 0,05 ‰ (біля гирла). Різниця рівнів витоку (931 м) і гирла (22 м) – 909 м, середнє падіння становить майже 1,1 м на кілометр. Водний режим р. Прут характеризується підвищеним зимовим стоком, і часто води виходять з берегів під час весняного водопілля або літніх дощових паводків. Середньорічна витрата води біля міста Яремче становить 12,4 м<sup>3</sup>/с. Середня глибина річки Прут упродовж верхніх двох третин його течії невелика і не перевищує 1-2 м, тому судноплавство тут неможливе.

Відразу після витоку річка Прут утворює Прутецькі водоспади, поруч з якими проходить чи не наймальовничіший маршрут на гору Говерла. Значно потужніший водоспад (водоспад Пробій – рис. 3) розташований в місті Яремче.

На ділянці від м. Ворохта до м. Яремче (довжина близько 30 км) річку Прут при середніх та високих рівнях води використовують для сплаву деревини. Тут трапляються різноманітні пороги середньої складності, серед них Триступінчатий в кінці Ворохти, Водоспадний – поруч з селом Микуличин, Косий – між селами Микуличин та містом Яремче. Найскладнішою водною перешкодою є Яремчанський каньйон, довжина якого майже два кілометри.

Каньйон починається в місті Яремче на правому березі і простягається на 200-300 м до водоспаду Пробій. В каньйоні розташовані досить складні пороги: Прикарпатський, притиск Довбуша, і найскладніший – водоспад Пробій заввишки приблизно 8 м та кутом нахилу до 45 градусів.

Рельєф досліджуваної території формувався протягом тривалого часу: близько 35 мільйонів років тому на цій території існував океан Тетіс. На дні океану нашарувалися пісок, глина, вапняк, які після відступу води скам'яніли та під дією природних зовнішніх факторів утворили сучасні гори.

Клімат території помірно-континентальний, вологий і вітряний. Середньорічна температура повітря по м. Яремче (абс. Н = 531 м) складає 6,7 °С. Найбільша середньомісячна температура характерна для липня +17,0 °С, а найменша середньомісячна температура – березень +0,8 °С.



Рис. 3. Водоспад Пробій в місті Яремче під час польових досліджень, 13-27 вересня 2021 року

Fig. 3. Probiy waterfall in Yaremche town – field visit, 13 – 27 September 2021

Середня відносна вологість повітря складає 72 %, а середній атмосферний тиск – 954 гПа [9].

Річна сума опадів коливається в межах 600-1500 мм. Загальна кількість опадів, їх вид, тривалість та інтенсивність суттєво впливають на розвиток гідрологічної мережі, виникнення паводків, селевих потоків та зсувів, на розвиток і інтенсивність ерозійних процесів.

Літо прохолодне і вологе, часто із дощами та зливами (максимум опадів спостерігається саме влітку – 60-80 % річної норми). Проте в окремі дні температура повітря може сягати 33-35 °С.

Вітровий режим характеризується певною закономірністю, яка зумовлена як циркуляцією повітряних мас, так і рельєфом місцевості. Протягом року найменша середня швидкість вітру становить 1-2 м/с, тоді як у горах 4-5 м/с влітку і до 8 м/с взимку. Однак в окремі дні швидкість вітру досягає 40 м/с, що супроводжуються вітровалами в лісових масивах [9].

Рекреаційна діяльність Карпатського НПП є одним із головних пріоритетів розвитку національного природного парку, але поряд з позитивними сторонами інтенсивний розвиток рекреації може негативно вплинути на стан навколишнього середовища, привести до незворотних змін рослинного покриву та гідрологічної мережі природних екосистем. У зв'язку з цим виникає необхідність використання рекреаційних ресурсів з оптимальними навантаженнями на природні комплекси.

Туристично-рекреаційний потенціал території Карпатського НПП характеризується вертикальним розміщенням кліматичних поясів та рослинності. Це обумовлює значну різноманітність відпочинку і великі можливості для лікування різних захворювань. Природні компоненти,



які мають оздоровчі властивості багатощільового призначення, – кліматичні ресурси, ліси та водні комплекси.

На території Карпатського НПП прокладені еколого-пізнавальні (19) і науково-пізнавальні (3) стежки, еколого-туристичні маршрути (19), зони (9) та місця (9) відпочинку [1].

Зі слів спеціаліста наукового відділу лісівничо-ботанічної лабораторії Карпатського НПП Тимчук Оксани Василівни у м. Яремче природні лісові екосистеми міста, що представлені в Яремчанському та Ямнянському природоохоронних науково-дослідних відділеннях, не зазнали істотного впливу людського втручання.

Таким чином, старовікові ліси та праліси виконують важливу екологічну роль у функціонуванні природних лісових екосистем та гідрологічному режимі досліджуваної території.

Річки розглянутої території, за класифікацією Львовича [11-12], відносяться до змішаного типу живлення з переважанням дощового. Дуже часто, особливо навесні та влітку, гідрометеорологічною службою фіксуються селеві паводки та повені. У літописах є згадки про перші паводки у 1730 році, а про селі – у 1900 році. За останні 20 років на території міста Яремче було зафіксовано високі паводки у 2006, 2008 та 2020 роках.

Паводки спостерігаються протягом усього року, а тому екстремально високі значення як рівнів води, так і витрат води можуть призводити до негативних наслідків у будь-який сезон.

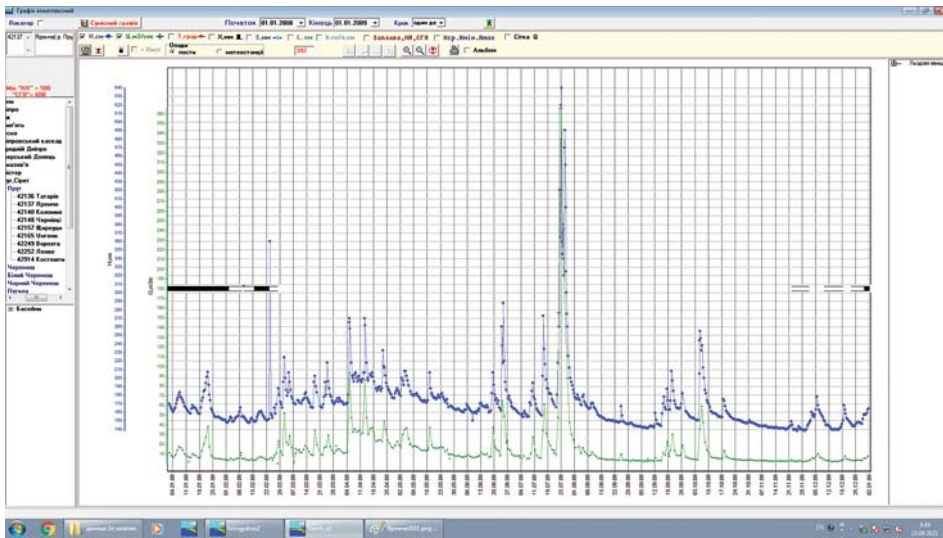


Рис. 4. Гідрограф стоку р. Прут – м. Яремча, 2008 рік

Fig. 4. Prut river flow hydrograph – Yaremche town, 2008

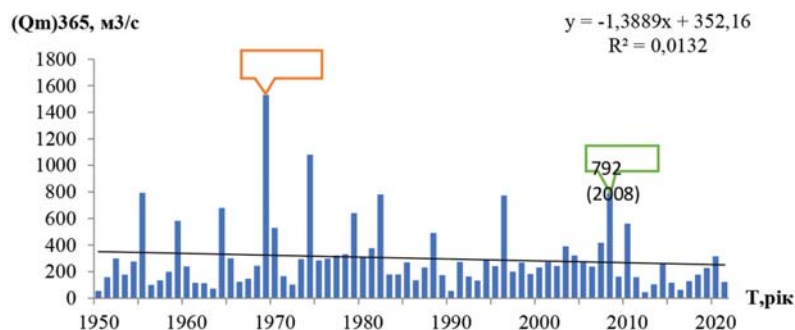


Рис. 5. Хронологічний графік спостережених максимальних витрат води р. Прут – м. Яремче за період 1950 – 2021 роки

Fig. 5. Chronological schedule of the observed max water losses of the Prut river – Yaremche town, 1950 – 2021

Один з таких паводків був 23-28 липня 2008 року, коли випало 2-3 місячної норми опадів (по м. Яремче 321 мм) і за рейтингом Центру дослідження епідеміології катастроф CRED (<https://www.cred.be/>) вивів нашу країну на дев'яте місце в списку постраждалих від стихійних лих (постраждало близько 225 тис. людей і загинуло 38 чоловік).

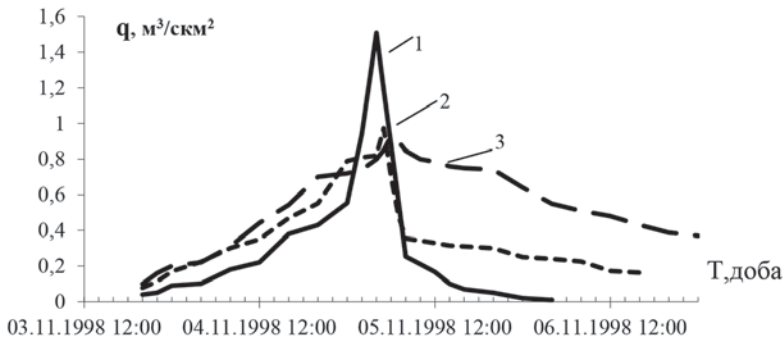
Гідрограф стоку (рис. 4), побудований за допомогою Автоматизованого робочого місця гідролога (розробленого в Українському гідрометеорологічному центрі), показує, що підйом рівня води в річці за час паводку сягнув 3,7 метра.

Паводок 2008 року став історичним для досліджуваної території не лише за своїми негативними наслідками, але й по величині. Об'єм стоку, що пройшов по руслу річки у ці дні, був найбільшим за роки гідрологічних спостережень, проте він був на порядок меншим за величиною максимальної витрати води у порівнянні із історично-відомим паводком 1969 року, що можна побачити на хронологічному графіку максимальних річних витрат води (рис. 5).

Територія характеризується значною залісеністю водозборів (87 %), яка виконує регулюючу роль у паводконебезпечних регіонах держави, але все ж таки проявів екстремального стоку не вдається уникнути.

Для наочного представлення впливу лісу під час паводків досить добре ілюструють гідрографи стоку (рис. 6) побудовані Б.В. Кіндюком [12] для річок Карпатського регіону (паводок 1998 року), де із збільшенням залісеності гідрограф розпластується, а пік зменшується.

При польових дослідженнях у період перебування у літній школі були обстежені:



1 - стр. Студений - с. Н. Студений ( $f_d=18\%$ ); 2 - р. Ріка – смт Міжгір'я ( $f_d=41\%$ ); 3 - р. Ріка - м. Хуст ( $f_d=48\%$ )

Рис.6. Гідрограф стоку в період паводка у листопаді 1998 р. [12]

Fig. 6. Flow hydrograph during flooding period in November 1998 [12]

- річка Прут на шляху еколого-пізнавальної стежки на гору Говерла (рис. 7);
- вздовж міста Яремча нижче водоспаду Пробій до перетину із залізничною колією (рис. 8);
- її права притока р. Жонка та водоспад «Дівочі сльози» (рис. 9).

Зараз на усіх водних артеріях спостерігається осіння межень, для якої характерно низька водність, проте швидкість течії досить жвава, а тому навіть складно уявити їх силу при повенях, коли швидкість течії в рази вища, ніж сьогодні, а рівень підіймається на 2-5 метрів, що на більшій половині території міста буде відмічатися вихід води у заплаву та підтоплення території. Будь-яке підвищення рівня може мати небезпечні наслідки, оскільки в заплаві є будівлі як житлового, так і господарського призначення (рис. 10).

Крім того, не можна залишати осторонь, що в руслі та заплаві річок є сміття, що має негативний як екологічний стан, так і естетичний вигляд, та уламки деревини, що можуть створити несприятливі умови для стоку річок (рис. 11).

У місті працюють комплексні очисні споруди (КОС), які очищують стічні води житлового сектору міста та декількох невеликих підприємств. Приватний житловий сектор, як і новозбудовані відпочинкові котеджі і розважальні заклади, не завжди підключені до центральної каналізаційної системи міста. Частина з них має свої локальні очисні споруди (ЛОС), а частина користується традиційними засобами – вигрібні ями, септики тощо [6].



Рис. 7. Дослідження р. Прут на шляху еколого-пізнавальної стежки «На Говерлу»

Fig. 7. Research works on the Prut river during the field trip along Na Goverla path



Рис. 8. Дослідження р. Прут вздовж міста Яремча від водоспаду Пробій

Fig. 8. Research works on the Prut river near Yaremche town and Probiy waterfall



Рис. 9. Дослідження правої притоки р. Прут - річка Жонка (зверху) та водоспад «Дівочі сльози» (знизу)

Fig. 9. Study of the right tributary of the Prut river – the Zhonka river (up) and Girl's tears waterfall (down)



Рис. 10. Забудова заплави р. Прут в межах міста Яремче

Fig. 10. Construction sites of the Prut river floodplain within Yaremche town



Рис. 11. Залишки сміття та уламки деревини у руслі р. Прут вище м. Яремче

Fig. 11. Garbage and wood wastes in the Prut river flow upper to Yaremche town

У той же час тривожною є тенденція, що практично всі речовини-забруднювачі перебувають у річковій воді у концентраціях, близьких до граничних. Це вказує на критичний стан очисних споруд м. Яремче, що може бути спричинене або їх технічною чи моральною застарілістю, або значним збільшенням останнім часом обсягів скидів міських комунальних каналізаційних мереж. Не виключається також можливість потрапляння у річку неочищених стоків з домогосподарств приватного сектору або відпочинкових комплексів, змивів з сільськогосподарських угідь.

Таблиця 1

Якість стічних вод [13]

| Назва підприємства, місце розташування                                     | Показники, мг/л  | Якість стічних вод, мг/л (після очистки) | Встановлені ГДК, мг/л |
|--|------------------|--|-----------------------|
| Виробниче Управління Водопровідно-Каналізаційного Господарства (м. Яремче) | зав. речовини    | 15                                       | 15                    |
|  | БПК <sub>5</sub> | 6  | 15                    |
|  | азот загал.      | 5  | 1,5                   |
|  | фосфор загал.    | 1,2                                      | 0,17                  |

Забруднення води біогенними іонами є небезпечним, оскільки ці сполуки є хімічними каталізаторами процесу антропогенного евтрофування поверхневих вод (т. зв. «цвітіння води»). Забруднення поверхневих вод неминуче призводить до потрапляння поллютантів у підземні горизонти, а з них – у питну воду [13].



**Висновки до розділу.** Практика організації літніх шкіл в рамках міжнародних проєктів є дуже корисною та цікавою справою для усіх її учасників. Для молодих вчених це чудова можливість провести польові експерименти та доповнити свої дослідження натурними спостереженнями, а також перейняти досвід ведучих міжнародних фахівців, які були лекторами.

- Досліджувана територія знаходиться в межах Карпатського національного парку, отже, має великий рекреаційно-туристичний потенціал.
- З іншого боку, територія Українських Карпат, й зокрема Яремчанський край, є практично одним з найбільш паводко-небезпечних на території нашої держави.
- Проведений природно-гідрологічний аналіз екосистеми міста Яремче та її водних об'єктів дозволив виявити низку проблем:
  - природна регулююча здатність водних потоків знижується внаслідок накопичення в руслі та заплаві річок сміття та уламків деревини;
  - стан очисних споруд у м. Яремче є критичним, на що вказує якість стічних вод після їх очистки; кількісні значення по окремих показниках (азот та фосфор) значно перевищують ГДК.
- Для подальшого збереження та ефективного функціонування екосистеми м. Яремче необхідний комплексний підхід в управлінні водними ресурсами з метою досягнення ними доброго екологічного стану, а також постійний моніторинг паводкової ситуації на річках з метою швидкого оповіщення населення у разі виникнення загроз затоплення заплави та прилеглих територій внаслідок проходження паводків.

---

### Список використаних джерел до розділу

1. Карпатський національний парк: монографія / за ред. Приходька М. М., Киселюка О. І., Яворського А. І. та інш. Івано-Франківськ : Фоліант, 2009. 672 с.
2. Карти Google :*Google* : веб-сайт. Режим доступу <https://www.google.com/maps/place/Яремче+Івано-Франківська+область> (дата звернення 24.08.2022 р.)
3. Зелена книга України / За заг. ред. чл.-кор. НАН України Я. П. Дідуха. Київ : Альтерпрес, 2009. 448 с.
4. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) : монографія. Київ : Ніка-Центр, 2010. 315 с. URL: <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4109>
5. Карпатський регіон: актуальні проблеми та перспективи розвитку : монографія у 8 томах / НАН України. Інститут регіональних досліджень; наук. ред. В.С. Кравців. Львів, 2013. Том 1. Екологічна безпека та природно-ресурсний потенціал / відп. ред. В.С. Кравців. 2013. 336 с.

6. Яремчанська міська рада. Івано-Франківська область, Надвірнянський район [Електронний ресурс] : офіційний сайт. URL: <https://yaremcha-miskrada.gov.ua/> (дата звернення 23.08.2022 р.)
7. Водний кодекс України. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 24, ст. 189. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> дата звернення 26.08.2022 р.)
8. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення : вид. офіційне. Київ: Твій формат, 2006. 240 с.
9. Клімат України : монографія / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
10. Загальна гідрологія: підручник / В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський, В. В. Гребінь та ін. Київ: Видавничополіграфічний центр «Київський університет», 2008. 399 с.
11. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води: навч. посібник. Київ : ДІА, 2022. 240 с.
12. Киндюк Б. В., Овчарук В. А. Розрахунок швидкостей добігання зливових паводків на річках Закарпаття. Водне господарство України. 2005. №3. С. 55-58.
13. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році. URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/proekt-nacz.-dop.-za-2019.pdf> (дата звернення 31.08.2022 р.)

---

## References to the chapter

1. Prykhodka, M. M., Kyseliuka, O. I., Yavorsko, A. I. and etc. (Eds.). (2009). *Carpathian National Park*: monohrafiia. Ivano-Frankivsk, Foliant.
2. GoogleMaps Retrieved from <https://www.google.com/maps/place/Iaremcha+Ivano-Frankivska+oblast>
3. Didukha, Ya. P. (Eds.). (2009). *Green book of Ukraine*. Kyiv : Alterpres.
4. Hrebin, V. V. (2010). *Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis)* : monohrafiia. Kyiv : Nika-Tsentr.
5. Kravtsiv, V. S. (Eds.). (2013). *The Carpathian region: current problems and development prospects: a monograph in 8 volumes / NAS of Ukraine*. Lviv, 1. Ecological safety and natural resource potential.
6. Yaremchan city council. Ivano-Frankivsk region, Nadvirnyansky district. Retrieved from <https://yaremcha-miskrada.gov.ua/>
7. Water Code of Ukraine. Information of the Verkhovna Rada of Ukraine. 1995. №24, st.189. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
8. (2006). *EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Basic terms and their definitions*: ed. official Kyiv: Your format
9. Lipinskoho, V. M., Diachuka, V. A., Babichenko, V. M. (Eds.). (2003). *Climate of Ukraine*: monohrafiia. Kyiv : Vyd-vo. Raievskoho.
10. Khilchevskiy, V. K., Obodovskiy, O. H., Hrebin, V. V. and ets. (2008). *General hydrology: textbook*. Kyiv : Publishing and Printing Center "Kyiv University".
11. Khilchevskiy, V. K., Hrebin, V. V. (2022). *Water bodies of Ukraine and recreational assessment of water quality: training. Manual*. K.: DIA.
12. Kyndiuk, B. V., Ovcharuk, V. A. (2005). *Calculation of catch-up speeds of torrential floods on the rivers of Transcarpathia. Water management of Ukraine*. №3.
13. *National report on the quality of drinking water and the state of drinking water supply in Ukraine in 2019* Retrieved from <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/proekt-nacz.-dop.-za-2019.pdf>

**3**



**TRANSFER OF KNOWLEDGE  
AND PRACTICES. INNOVATIONS  
IN URBAN PLANNING AND  
MANAGEMENT**

**ТРАНСФЕР ЗНАНЬ ТА ПРАКТИК.  
ІННОВАЦІЇ У МІСТОБУДІВНОМУ  
ПЛАНУВАННІ ТА УПРАВЛІННІ**

### **3.1. ESS ANALYSIS AND GREEN NETWORK BY THE EXAMPLE OF THE VIVAGRASS PROJECT. ESTONIA**

---

### **3.1. ГІС-АНАЛІЗ ТА ЗЕЛЕНА МЕРЕЖА НА ПРИКЛАДІ ПРОЄКТУ VIVAGRASS. ЕСТОНІЯ**

**SEPP Kalev**

DrSc, Prof., Estonian University of Life Sciences, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Tartu, Estonia, kalev.sepp@emu.ee  
<https://orcid.org/0000-0002-8076-7943>

**Abstract.** The results of the VIVAGRASS project in Estonia are shown. The project created an integrated planning tool Viva Grass. It enabled the spatial location of ecosystem services and ES packages, the integration of the ecosystem services framework into green network planning processes, and the linking of ES and planning processes in the Integrated Planning Tool.

**СЕПП Калев –** доктор наук, професор, Естонський університет природничих наук, Інститут сільськогосподарських та екологічних наук, Тарту, Естонія, [kalev.sepp@emu.ee](mailto:kalev.sepp@emu.ee) <https://orcid.org/0000-0002-8076-7943>

**Анотація.** Наведено результати виконання проєкту VIVAGRASS в Естонії. Проєктом створено інтегрований інструмент планування Viva Grass. Він дозволив визначити просторове розташування екосистемних послуг та пакетів екосистемних послуг, інтегрувати структуру екосистемних послуг у процеси планування зеленої мережі та зв'язати екосистемне управління та процеси планування в Інтегрованому інструменті планування.

Duration and place of project implementation: Estonia, 1999 – till now

The objective of planning the green network on the county level is not to define a large-scale 'green surface' and leave it out of use, but, first and foremost, to guarantee the naturally, environmentally, socio-economically grounded space structure, based on the location of different infrastructures and needs analysis of society.

It was implemented by researchers on a request with environmental ministry

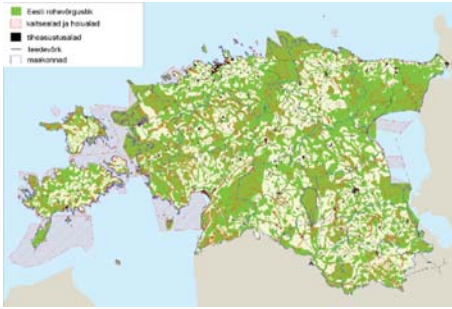
The project aim was to complete functionality of the network of protected areas, connecting them into a complete system with natural areas; to protect valuable natural habitats and preserve the migration routes of wild animals, and valuable landscapes.

Project included the following activities:

- grassland ecosystem service assessment at the selected case study areas;
- development of the Tool by addressing socio-economic matter in nature conservation policies, enhancing the designated Green Network;
- analysis of the national policies and regulatory framework in the Baltic States;
- development of pilot scenarios for long-term grassland management;
- capacity building on applying the Tool for the relevant target groups and operating the Tool at national, regional, municipal, protected areas and farm level.



**Innovations:** development of new innovative methodology, stakeholders involvement based on the participatory and decision-making process.



Ecological network compiled from 15 Green

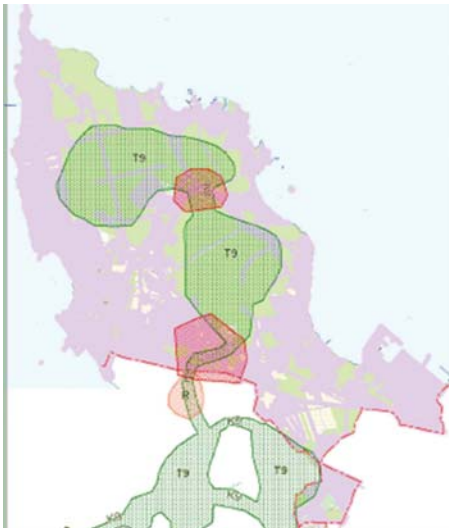


Green network plan at County level, Harju County

Network plans prepared at county level (2001-2007) and 2016-2018

The Viva Grass Integrated Planning Tool allowed:

- to identify spatially locate ecosystem services and ES bundles and hotspots provided by grasslands;
- to integrate the ecosystem services framework into planning processes, specifically addressing grasslands in green network;
- to link ES, planning processes and grassland management scenarios in the Integrated Planning Tool.



Green network plan at Municipality level. Viimsi, Harju County

**Beneficiaries and supporters:** Citizens, Municipalities, Experts/ Scientists

## **3.2. PROSPECTS FOR THE USE OF LANDSCAPE AND ECOLOGICAL PLANNING IN CITIES**

---

### **3.2. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ У МІСТАХ**

#### **MAKSYMENKO Nadiya**

Doctor of Sciences (Geography), Full Professor, Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, maksymenko@karazin.ua orcid.org/0000-0002-7921-9990

#### **CHERKASHYNA Nadiia**

Senior lecturer of English, Department of English Language, School of Foreign languages, Karazin Institute of Environmental Sciences, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, n.cherka@gmail.com orcid.org/0000-0002-4066-2530

The article looks at the procedures for landscape-ecological planning of urban areas (urbolandscape) in the Ukrainian realities. Landscape-ecological planning (LEP) is a system of measures aimed at ecologically balanced organization of nature use on territories at different local levels of environmental organization. It includes the following stages: inventory of natural conditions and sources of pollution; analysis of nature use conflicts; assessment of natural potential and environmental problems; synthesis and forecast of changes in accordance with the target concept of the territory use; development of optimization measures for environmental management.

Inventory and analysis of natural and anthropogenic territorial structures of the urban landscape. Collection and systematization of information is carried out components

of the urban landscape. This serve as the source data for the establishment of natural and anthropogenic territorial structures of the urban landscape. Next, a comprehensive assessment of nature use conflicts is carried out. A comprehensive map of nature use conflicts reveals the most information. The assessment stage of urban landscape is aimed at identifying the effects of the territorial structure of land use on natural territorial structures in the urban landscape. It determines parameters of urban development duration, the degree of anthropogenic transformation and interpretation of environmental indicators of soil cover, obtained during a continuous landscape-geochemical survey. This stage summarizes synthetic cartographic work of complex assessment, revealing the causes and consequences of the mutual influence of territorial structures, determining the areas of their potential compatibility / incompatibility. Substantiation of territorial structure of land use optimization by generalizing achievements of the previous stages. They are embodied in the city territory's zoning on integrated development purposes with the set of recommended measures. Development of measures to address the priority environmental problems of water and nature reserves protection of Ukraine within the city.

**Keywords:** territorial structures of the landscape, urban landscape, landscape-ecological planning.

**МАКСИМЕНКО Надія Василівна** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, ННІ екології, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна, maksymenko@karazin.ua orcid.org/0000-0002-7921-9990

**ЧЕРКАШИНА Надія Іванівна** – старший викладач кафедри англійської мови, факультет іноземних мов, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна, n.cherka@gmail.com orcid.org/ 0000-0002-4066-2530

Розглянуто особливості здійснення процедури ландшафтно-екологічного планування міських територій (урболандшафтів) в українських реаліях. Ландшафтно-екологічне планування (ЛЕП) – це система заходів, спрямованих на екологічно збалансовану організацію природокористування на територіях різного функціонального призначення. ЛЕП відповідно до потреб дослідження й особливостей міських ландшафтів як об'єктів планування включає наступні етапи: інвентаризація природних умов і джерел забруднення; аналіз конфліктів природокористування; оцінка природного потенціалу і екологічних проблем; узагальнення і прогноз змін згідно з цільовою концепцією використання території; розробка оптимізаційних заходів для екологізації управління.

Інвентаризація і аналіз природних та антропогенних територіальних структур міського ландшафту. Здійснюється збір та систематизація інформації щодо характеристик компонентів міського ландшафту, що слугують вихідними даними для встановлення його природних та антропогенних територіальних структур. Далі проводиться комплексна оцінка конфліктів природокористування. Цілісна карта конфліктів природокористування розкриває найбільше інформації. Етап оцінки міського ландшафту направлено на виявлення наслідків впливу територіальної структури землекористування на природні територіальні структури міського ландшафту шляхом визначення параметрів тривалості містобудівного освоєння, ступеня антропогенної трансформованості та інтерпретації показників екологічного стану ґрунтового покриву, одержаних у ході суцільного ландшафтно-геохімічного



обстеження. Підсумовує етап укладання синтетичного картографічного твору комплексної оцінки, що дозволяє розкрити причини та наслідки взаємного впливу територіальних структур, визначити ареали їх потенційної сумісності/несумісності. Обґрунтування напрямів оптимізації територіальної структури землекористування на підставі узагальнення доробків попередніх етапів, що втілилась у зонуванні території міста за інтегральними цілями розвитку із набором рекомендованих заходів. Розробку заходів для вирішення пріоритетних природоохоронних задач охорони вод та захисту об'єктів ПЗФ в межах міста.

**Ключові слова:** територіальні структури ландшафту, міський ландшафт, ландшафтно-екологічне планування.

---

According to the main provisions of the European Landscape Convention, each signatory country, which is also Ukraine, must establish and implement a landscape policy aimed at the protection, regulation and planning of the landscape by adopting specific measures.

Positive European experience of landscape planning, which was also embodied in Ukraine, shows that it must be environmentally coordinated, i.e. such that the three priorities of the modern world - economy, environment and social development - would be harmoniously balanced among themselves as equal aspects of a single global problem of sustainable development.

Unlike other known approaches, where the environment acts as an arena of events, this approach must ensure the equality of subject-subject relations in this triad.

In Ukraine, a number of initiative works on LP have also been implemented, but legal, organizational and scientific limitations do not yet contribute to its large-scale implementation.

In the urban planning documentation of Ukraine, this area of nature use regulation corresponds to the tasks of the general plan of the settlement. There is also a large number of regulatory documents regulating planning of a settlement. The main ones include the Laws of Ukraine «On the General Scheme of Planning of the Territory of Ukraine», «On Regulation of Town Planning», «On the Basics of Town Planning», «On Architectural Activity», «On liability for offenses in the field of urban development», «On comprehensive reconstruction of quarters (microdistricts) of outdated housing stock», «On building regulations», and others.

Management structures of many levels (the Verkhovna Rada of Ukraine, the Cabinet of Ministers of Ukraine, local state administrations, local self-government bodies, central executive bodies that ensure the formation of state policy in the field of urban planning) are responsible for the planning

of the settlements' territories, and in particular, cities implement the state policy on issues of state architectural and construction control, as well as other authorized bodies of urban planning and architecture) that have different business goals, including those opposite to each other. This is what leads to the adoption of inconsistent decisions regarding the need to make changes to the landscape plan in order to optimize the use of nature in the urban landscape. The scope of their powers includes development and approval of building regulations, state standards, resolving territorial planning issues, monitoring compliance with relevant legislation, etc.

On the other hand, the landscape plan creates both opportunities and additional obligations for the developer. As for the possibilities, it is definitely a feeling of the planning object, being able to clarify and visualize data, having access to the territory, full communication with the local community. An important element is field research, which is practically mandatory in Ukrainian realities. At the same time, such detailing requires filling with representative data (their availability, as we know, rapidly decreases from the highest to the lowest level), as well as maximum specification of the programs, goals and measures proposed in the development.

From the experience of landscape planning in Ukraine, it is possible to draw a conclusion about the strategic importance of this level, since it is here that the culture of attitude to the living area — ecological consciousness — is established. It is obvious that the growing importance of discussing local problems with the public, the attitude towards the goals of the use of the territory, understanding the goals and content of sustainable development as a whole is related to this. In the case of obvious land use conflicts, the first priority for the developer is to establish the real cause of the problem. For example, «the solution to the problem is ineffective on the part of the local/district government («there is a desire, but an irrational path has been chosen», «the community is not aware of the harm from its own actions», «the action of non-transparent financial/administrative factors», «the community approved the decision but they are ready to give up in the new conditions », etc.).

In addition, even with the adoption of relevant regulatory documents on the organization of mandatory use of natural resources in Ukraine, there is a scientific inconsistency based on different interpretations of the term «landscape» and identification of LP with territorial planning, in which the ecological component is almost eliminated.

Implementation of LP would be possible either directly through administrative and command levers, as in the traditional district planning system, or indirectly through benefits and preferences granted under certain conditions, or through «soft» management of environmental management tools [1]. Since the first two methods are methods of management «from



above», the third method is the most realistic, as it focuses on the initiative «from below» - from the nature user himself.

Its essence derives from the concept of «Environmental Management» in accordance with DSTU ISO 14001, which is inaccurately translated in domestic literature and regulatory documents as environmental management (although the latter exists in the global legal framework and European practice as an independent concept for defining methods of managing biotic systems ).

Thus, the prerequisites for the appearance of a system regulating relations between nature and society - landscape and ecological planning (LEP), as a system of measures aimed at the ecologically balanced organization of nature use in territories of different functional purposes [1] have been created in Ukraine.

LEP advantages are:

- implementation in local territories, where as few officials as possible are involved in making management decisions.
- voluntariness and possibility of partial performance for certain purposes;
- and the prospect to provide ecosystem services and their economic evaluation.

In addition, LEP, in our opinion, can provide the members of society with environmental information.

The perspective to use LEP for the organization of nature management in cities lies in the fact that the city is the most complex system, in which optimization of nature management with the application of the LEP mechanism is the most necessary. One of the most important tasks of LEP in the urban landscape is to answer the question: how to spatially organize urban land uses so as not to deteriorate the properties and qualities of the landscape that contains them.

We have repeatedly substantiated [1,2] that LEP finds its application both at the stage of construction of new and at the optimization of the spatial structure of already existing cities. The landscape plan of the city, being the result of planning, on the one hand, is an integral document of ecologically appropriate territorial planning and, in fact, performs the function of an ecological passport of the city territory, on the other hand, it is a guide to action, a regulatory document of practical measures.

The structural and logical model of the transmission line demonstrates a generalized algorithm for its execution for different territories.

At all stages of the LEP, we use both the traditional methodological arsenal and innovative methods of landscape study.

There are 5 stages, the result of each of which is analytical material and cartographic works [1].

During the inventory stage, we collect all existing statistical and cartographic information about natural conditions of the territory and sources of its pollution.

The analysis of nature use conflicts is in a separate stage.

The assessment stage covers estimation of the natural potential and ecological problems of the territory.

The key component of this stage is the field and laboratory study of the ecological state of landscapes that have fallen into the selected zones of influence of conflict sources.

The next stage is the generalization and forecast of changes according to the target concept of the territory use (that is, the subject's requirements).

The main task of the final stage of the LEP is to develop directions for the optimization of nature use within the studied territory to create conditions for the environmental management of nature use.

The peculiarities of urban landscape LEP are explained the fact that:

- the city is the territory of the largest concentration of land uses of various types on the smallest area.
- it is necessary to coordinate the interests and priorities of different nature users in the planning process
- the most important thing for LEP is the problem of identifying the “customer” for the entire territory of the city.

This leads to implementation of a partial LEP procedure, or coverage of only a part of the settlement.

Conceptually concretizing the idea of “landscape-ecological planning” in relation to urban landscapes, we can define it as follows: LEP of urban landscapes is a scientifically based territorial organization of nature and management of urban landscapes aimed at effective use and preservation of natural resources, as well as material, ecological and aesthetic optimization conditions of human life in the natural environment. This is one of the complex directions of territorial adaptation of a person with his economic activity in the surrounding environment. The general goal of urban LEP is to increase the efficiency of production, improve the quality



of bioproductivity and biodiversity of landscapes while preserving the stability of geosystems and favorable conditions for human life.

Drawing up a city landscape plan is a complex and multifaceted procedure. The urban environment as a landscape system is one of the most complex differentiated systems. Therefore, compared to other planning objects, it requires a more thorough approach to the inventory stage. Within its framework, in addition to the traditional block of environmental components, we should carry out cultural and landscape identification and differentiation of the territory. This block is designed to provide a comprehensive description of the spatial organization of the city's landscape complexes.

When creating an inventory map, the starting point should be LEP objects.

Urban landscapes are considered urbanized territorial complexes, which consist of an artificial anthropogenic-technogenic cover and a natural base strongly transformed by construction. The specified elements (subsystems) participate in the formation of the modern landscape structure. Natural and anthropogenic landscape complexes of various ranks stand out on the territory of the city. Actually, the city is a landscape that inherited only the geological basis from nature, the main landscape features and zonal features of the climate. It transforms almost all natural components (especially biotic), as well as the natural landscape structure. Natural facies were destroyed in construction places, but tracts were partially preserved. During construction, the surface is leveled and there is a sharp change in the nature of the relief and rocks. Man-made (artificial) soils, which are often littered with construction debris, are characterized by increased drainage, low humidity, etc. Concrete and asphalt pavements practically destroy all life in the soil.

Anthropogenic elements of urban landscapes are enterprises, individual residential buildings, sports fields, parks, etc. Industrial enterprises, for example, can be located separately or distributed mosaic among residential and recreational complexes. In large cities, they can form functional industrial zones and be located in a wide variety of spatial relationships with other functional types of urban areas. Elements of the recreation area can be distributed both between residential landscapes or next to water and anthropogenic ones, and create separate garden - park and protective and recreational landscapes.

The basic stage of LEP is the inventory of data on:

- individual components of nature and the landscape as an integrated natural system as a whole;
- the nature of anthropogenic activity in the studied territory;

- the content and directions of its impact on the environment;
- consequences of anthropogenic influence.

The importance of this stage of LEP in Ukrainian realities is growing, since it is the collection of a huge mass of information, its transfer into electronic format and the systematization of a whole series of separate indicators makes it possible, at least partially, to overcome the imperfection of nationwide monitoring system of specific territories. The database formed in this way allows us to carry out their multi-faceted analysis, including for the purpose of environmental optimization.

Thus, in the inventory stage, we collect the information including cartographic works of a wide range of thematic content, photographic materials and non-cartographic sources capable to comprehensively characterize the LEP object [3]. A specific feature of collecting basic information for LEP of urban landscapes is almost complete absence of maps of genetic characteristics of environmental components on a scale that would allow to reflect the specifics of this territory and the characteristic features of its spatial structure. The inventory stage of urban LEP involves development of the maximum possible number of cartographic works, which at the evaluation stage will allow to objectively analyze the ecological situation in the studied territory.

Information about geomorphological conditions and relief is an important feature of LEP in urban areas, as it directly affects the conditions of construction, communications and even functional zoning. It is advisable to have a TIN model, and if possible, a 3-dimensional relief model, GIS models of other characteristics - exposure, slope steepness, general surface curvature.

Undoubtedly, the natural components of the urban landscape have undergone significant transformations in the process of human exploitation of the territory. However, in order to adequately assess the degree of changes, it is necessary to have a description, and preferably in the form of maps, genetic types of soils, natural types of vegetation and natural landscapes.

A reliable source of information support for LEP can be field studies that clarify the boundaries of urban landscapes at different hierarchical levels. In this way, the main maps of LEP are created - maps of PTK and PAK of urban landscapes. Fragments of such maps, created by us within the framework of work [4] for Shevchenko district of Kharkiv, are shown in Fig. 1.

As a result of a comprehensive assessment of natural and anthropogenic factors that affect the functioning of the territory, we can move to the next stage of the LEP - the analysis of nature use conflicts on it. According to the LEP methodology, the most informative way of this analysis is to create a conflict matrix.

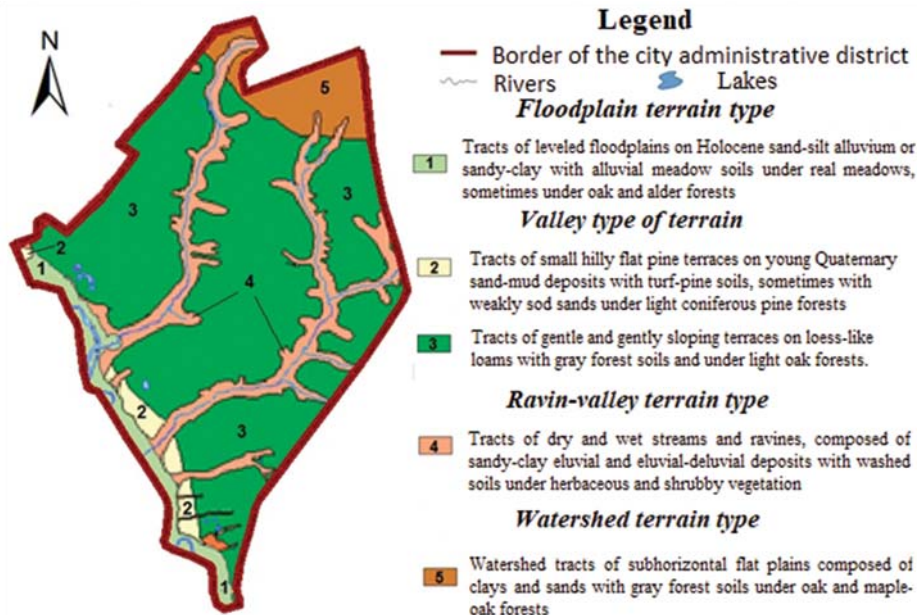


Fig. 1. Natural landscape of the Shevchenko district of Kharkiv

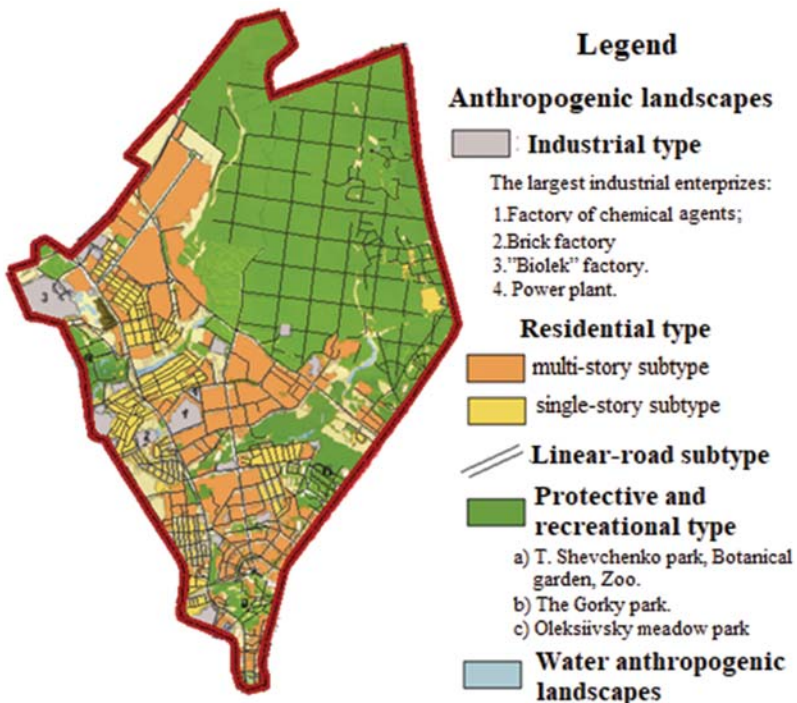


Fig. 2. Anthropogenic landscapes of Shevchenko district of Kharkiv (diagram)

The final map of this stage is an integrated map of nature use conflicts (Fig. 4.). It makes it possible to assess both the spatial distribution of anthropogenic load on specific landscapes and the degree of their degradation [1].

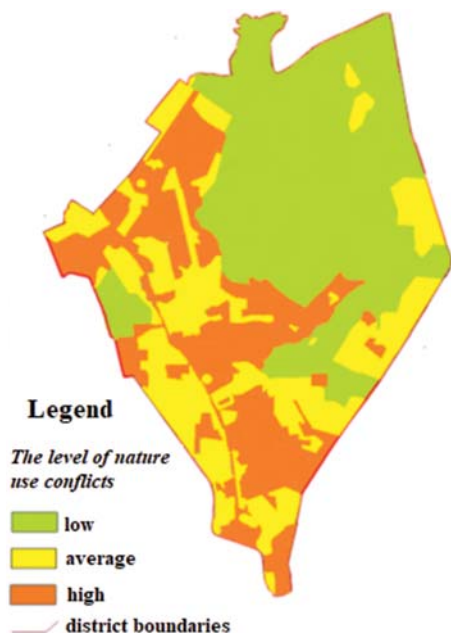


Fig. 3. The level of nature use conflicts in the Shevchenko district of Kharkiv

Since, according to the methodology described above, the landscapes assigned to a low level of nature use conflicts have not undergone significant changes in natural components, and when the impact on them stops, they are able to restore their natural characteristics quite fast. Territories with an average level of nature-use conflicts can potentially recover in an immeasurable time. A high level of nature-use conflicts indicates that it is impossible to return the territory to its original state, since the changes that occurred in one or more components are irreversible.

As we have noted earlier [5], the most information is not only the integrated map of nature use conflicts, as a number of researchers believe, but also the results of each stage of its creation (conflict matrices, maps of pollution sources, etc.). At the same time, it is the map of conflicts that provides the basis for the development of measures to optimize nature use in landscapes in accordance with the level of their change.

The *evaluation stage*, which is the next in the LEP procedure, involves the analysis and synthesis of the received data using various methods (both LEP and special scientific ones - chemistry, soil science, hydrology, ecometeorology, etc.).

At the evaluation stage, the potential sustainability of urban landscapes is determined according to various characteristics, for example, the ratio of urbanization degree of the territory to the nature of its greening (Fig. 3).

Carrying out a landscape-geochemical assessment of the ecological state of cities does not involve strict formalization of a set of indicators. First of all, it depends on

- landscape and geochemical conditions,
- specifics of industrial production,
- transport load, etc.

Soils, as a reflection of the general state of the ecosystem, are studied by means of a continuous survey. On its basis, cartographic models of the urban landscape are created according to certain characteristics.

Carrying out a landscape-geochemical assessment of the ecological state of cities does not involve strict formalization of indicators for soil assessment. First of all, it depends on the landscape and geochemical conditions, the specifics of industrial production, transport load, etc. For LEP, it is advisable to use the most common set of indicators, namely: soil pH, redox potential, humus content, micro- and macroelement composition, cation exchange capacity, carbonation, etc. But, depending on the specifics of the territory and the purpose of the LEP, the set of indicators may vary. On this basis, contours of the most significant, from one point of view or another, territories are built (for example, areas of the most polluted soils, which indicates the ecological danger of the territory as a whole, since the soil accumulates general pollution).

Next, it is necessary to visualize the results of chemical analyses of other environmental components (water of surface reservoirs, air, vegetation). Their samples were taken during the field survey of the territory. Visualization of materials can be both cartographic and in the form of graphs, diagrams, dendrites, etc.

Density of buildings and almost continuous population of the territory lead to the need to pay attention to the ecological state of the atmospheric air in the process of LEP. Undoubtedly, carrying out a continuous survey based on the example of a soil survey does not give the necessary results, since air is a variable component of the landscape.

The inventory map and the PAK map should be the basis for conducting research on the chemical composition of the air. Based on the analysis of the spatial dislocation of the main pollution sources (enterprises and highways),

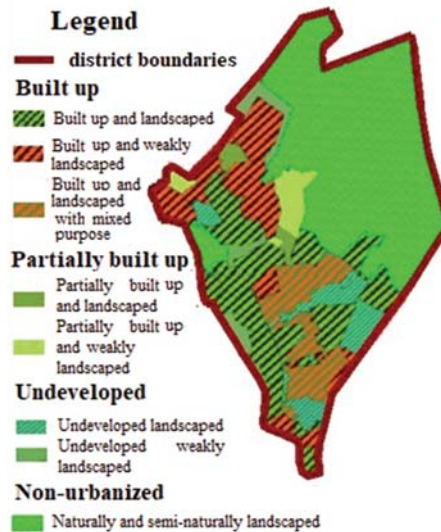


Fig. 4. The ratio of greening and building in the Shevchenko district of Kharkiv

we distinguish the zones of increased attention of the researcher, establish experimental points in relation to them. The list of indicators to be studied may also vary depending on the specifics of pollution.

The most evenly distributed source of pollution in the city is transport, which gravitates to linear road landscapes. It is advisable to study in them:

- chemical composition of atmospheric air above the highway;
- intensity of noise pollution;
- the amount of dust accumulation in the roadside lane and their chemical composition, the results can also be presented in the form of diagrams.

In the territories bordering the industrial type of urban landscapes, it is necessary, first of all, to study the structure and compliance with the requirements for the arrangement of sanitary and protective zones (SPZ). Further, according to the data of the previous stages of the LEP, we determine a list of substances in the atmospheric air to be studied. These are substances that make up the structure of emissions from industrial enterprises, if the territory is located in the zone of their influence. The results can also be presented in the form of charts or maps.

A rather important «atmospheric» component at the evaluation stage of urban landscape LEP is the study of noise pollution, since acoustic discomfort is one of the urgent environmental problems of the population in a large city. According to SNiP II-12-77 «Construction standards and rules. Part II. Design standards. Protection against noise», the sound level in the city should not exceed the value of 45-65 dB, taking into account corrections for the time of measurements, the location of the object, etc.

The obtained results provide additional information for the next stage of LEP - the development of directions to improve the ecological condition of linear road landscapes and adjacent residential and protective-recreational ones.

The study of electromagnetic and radiation pollution can be attributed to the atmospheric block of the assessment stage in urban landscapes. In certain cases, such a study can provide a basis for the development of optimization measures.

Urban landscapes are sometimes places where people grow plants for food. These are, first of all, fruit trees that grow everywhere, shrubs and vegetable crops, the localization of which is confined to the low-rise residential zone of urban landscapes. Therefore, for an objective assessment of the ecological state of these territories and reasonable recommendations for the population,



it is advisable to conduct a selective comparative study of samples of plant products selected at various experimental points.

A feature of LEP in urban landscapes is that water-anthropogenic, protective-recreational and garden-park landscapes, which have different target concepts of use and are studied additionally, are also the subject of research.

For a comprehensive assessment of the ecological state of water-anthropogenic sources, it is advisable to conduct additional hydrochemical studies by taking water samples along the stream at key points, for which recommendations for targeted use and optimization will be determined at the next stage of the pipeline.

The next stage of LEP is *forecasting* of urban landscapes development . In order to determine the forecast trends of changes in city landscapes, it is recommended to base, first of all, on the structural and dynamic concept of geosystems, the essence of which is modification of the facies structure (simplification or complication of the facies «pattern») both as a result of internal self-development and under the influence of a combination of natural and anthropogenic factors. The facial «pattern» can change or become more complicated depending on the season, that is, under the influence of natural factors. It can be simplified under the influence of anthropogenic factors, such as construction, trampling, washing by surface runoff, etc.

It is the *development of measures* aimed at improving the ecological situation is the final stage of LEP in urban landscapes. In cities, this stage has its own specificity, since the concept of activities must correspond to the conceptual principles of using a particular landscape. In this regard, the list of measures for the same type of landscapes with the same level of anthropogenic load will vary depending on the purpose of the territory, the capabilities and needs of its owner or user, and other factors.

Since urban systems are considered complex, unstable in space and time territorial combinations of a natural base and anthropogenic superstructure, characterized by the presence of a certain spatial homogeneity of a number of natural and anthropogenic factors (various types of pollution, microclimatic indicators, etc.), their optimization is a complex multivariate process that requires not less complex management. The urban system itself acts as an urban environment for its inhabitants.

Summarizing the opinions of many researchers in [1], we note that such environmentally oriented optimization must meet the following requirements:

- to achieve the most rational ecological balance (from the point of view of the long-term perspective of economic development and preservation of living conditions of people) by means of a favorable combination

- of ecological components and territories (ecosystems) with different degrees of human transformation;
- to reach a phase of ecological balance that preserves biological and landscape diversity to the fullest extent;
  - to ensure ecologically optimal use of natural resources and environmental conditions with preservation of dynamic ecological balance and proper quality in it, supported on the basis of self-reproduction and self-regulation processes, taking into account the perspective needs of economic development and the need to preserve favorable natural living conditions for humans;
  - achieving a certain level of ecological balance in natural and artificially created ecosystems, in which they develop best, most fully preserve biodiversity, high productivity, stability, sustainability of functioning, as well as adaptability to constantly changing natural and ecological conditions.

Today, in urban systems, component-ecological optimization is most often carried out as maintenance of ecological balance with the help of a rational ratio of ecological components.

General optimization of the urban environment consists of three main structural parts: optimization of the natural and economic environment, natural environment and nature use.

Optimization of the natural and economic environment is a process aimed at achieving a harmonious and balanced state between its natural, economic and social components forming complex anthropogenically modified territorial systems. The controlling role in them belongs precisely to the social factor, which is able to purposefully change the situation in the period of time chosen by it [1].

Optimization of the natural environment dependence (object) on human activity (subject) is a search for the possible improvement of the entire natural-anthropogenic system under all existing technically feasible and economically reasonable conditions. Such optimization can be implemented [1]:

1. field studies;
2. modeling of objects and processes;
3. forecasting the consequences of optimization measures.



The optimization of the natural-anthropogenic system (in terms of object-subject relations) consists in the rational use of ecological services, which, in fact, are the process that integrates the system.

**Conclusion:** The experience of landscape planning in Ukraine [6] proved the inability to organize rational, coordinated nature management in cities on its basis. Therefore, it is proposed to use a more tolerant approach to this procedure - landscape and ecological planning, based on the initiative «from below» - directly from the nature user.

The algorithm for carrying out LEP allows you to perform only those stages and the range of research that will provide an opportunity to objectively assess the state of the environment and develop adequate directions and measures to optimize nature use.

Despite this, it is absolutely necessary to adopt the Law «On Landscapes» in Ukraine, which is also discussed in our work [7] and to legislate the handling of landscapes.

---

### Список використаних джерел до розділу

1. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування: теорія і практика: монографія. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 216 с.
2. Maksymenko N. V., Klieshch A. A Features of urbolandscape planning in Ukraine. *Canadian Journal of Science, Education and Culture*, (July - December). Toronto : «Toronto Press», 2014. Volume II. №. 2.(6). P. 1029-1033.
3. Клещ А. А., Максименко Н. В. Методичні особливості інвентаризаційного етапу ландшафтно-екологічного планування. *Охорона довкілля : Збірник наукових праць XI Всеукраїнських наукових Таліївських читань (16-17 квітня 2015 р.)*. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. С. 35-38.
4. Клещ А. А., Максименко Н. В., Пономаренко П. Р. Територіальна структура природокористування м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, т. 27 № 1–2. Харків: ХНУ, 2017. с. 23–34. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9168>
5. Максименко Н. В. Аналіз конфліктів природокористування як основа ландшафтного планування території Гомільшанського лісництва / Н. В. Максименко, О. В. Корешева // *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2014. Випуск № 48. С. 261-267.
6. Ландшафтне планування в Україні / Л. Г. Руденко, Є. О. Маруняк, О. Г. Голубцов та ін.; за ред. Л. Г. Руденка. К. : Реферат, 2014. 144 с.
7. Maksymenko N., Cherkashina N. Prospects of landscape planning in legislation of Ukraine. *Acta environmentalica universitatis comenianae*. Vol. 21, 1 (2013). Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2013., P. 83-88.



---

## References to the chapter

1. Maksymenko, N. V. (2017). *Landscape and ecological planning: theory and practice*: monograph. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU.
2. Maksymenko, N. V., Klieshch, A. A. (2014). Features of urbolandscape planning in Ukraine. *Canadian Journal of Science, Education and Culture*, (July - December). Toronto : «Toronto Press», II. №. 2.(6).
3. Klesch, A. A., Maksymenko, N. V. (2015). Methodological peculiarities of the inventory stage of landscape and ecological planning. Environmental protection: Collection of scientific works of the 11th All-Ukrainian scientific Taliiv readings (April 16-17, 2015). Kharkiv: V. N. Karazin KhNU.
4. Klesch, A. A., Maksymenko, N. V., Ponomarenko, P. R. (2017). Territorial structure of nature use in the city of Kharkiv. *Man and environment. Problems of neoecology*, 27, 1–2. Kharkiv: KhNU, Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanen-viron/article/view/9168>
5. Maksymenko, N. V., Koresheva, O. V. (2014). Analysis of nature use conflicts as a basis for landscape planning of the territory of Gomilshan Forestry. *Visnyk of Lviv University. The series is geographical*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, 48.
6. Rudenko, L. G., Marunyak, E. O., Golubtsov, O. G., etc. (2014). *Landscape planning in Ukraine*. K.: Abstract.
7. Maksymenko, N., Cherkashina, N. (2013). Prospects of landscape planning in legislation of Ukraine . *Acta environmentalica universitatis comeniana*. 21, 1. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave.

### **3.3. INNOVATIONS IN THE ORGANIZATION OF THE GREEN INFRASTRUCTURE OF CITY KHARKIV AND PROSPECTS FOR ITS DEVELOPMENT**

---

### **3.3. ІННОВАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ М. ХАРКОВА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ РОЗВИТКУ**

#### **MAKSYMENKO Nadiya**

Doctor of Sciences (Geography), Full Professor, Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, maksymenko@karazin.ua  
orcid.org/0000-0002-7921-9990

#### **GOLOLOBOVA Olena**

PhD (General agriculture) Associate Professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv Ukraine elena.gololobova@karazin.ua  
orcid.org/0000-0001-5558-2114

**Abstract.** In the context of creating a green infrastructure of Kharkiv, capable of performing the required spectrum of ecosystem services for the implementation of the principle of sustainable development of the city, the determination of its necessary and

priority elements, their optimal areas, the introduction of sustainable plant components through the use of new species, cultivars, and hybrids becomes relevant.

Lawns are an integral element of green infrastructure. It has been proven that the most common technology, which is in demand in the ecological reconstruction of city-wide landscape and recreational areas, is the technology of laying rolled lawns, the area of which is currently 956.3 hectares. Examples of the use of a rolled lawn made of grasses and alternative types of lawns are given, in particular, a lawn made of slow-growing cultivars of white clover, a lawn made of the ground cover plant European hooves.

It has been proven that the introduction of another alternative type of lawn - juniper - into the green infrastructure of the city will not only effectively strengthen the ecological and aesthetic functions of the green infrastructure, but also significantly, ten times, save local budget funds. The creation of just such a lawn is proposed with the help of horizontal juniper (*Juniperus horizontalis*) cultivars, in particular the 'Prince of Wales' cultivar.

Examples of the implementation of the principle of minimizing costs for the acquisition and further maintenance of annual ornamental crops are given, which should become one of the more important principles of the formation of the city's green infrastructure.

Examples of achieving compositional diversity with the help of tall, large-sized seedlings of decorative trees, improving the aesthetics of the urban environment with the help of modular flower beds are given.

In order to form a green infrastructure, the authors proposed the selection of sustainable plant components of the landscape, which forms its new ecological quality, which contributes to the compensation of anthropogenic loads on the natural environment and returns to a person living in a big city the possibility of full contact with nature.

**Keywords:** green infrastructure, Kharkiv, urban landscape, rolled lawn, juniper lawn, reconstruction of green spaces, roses of the landscape group, ecological landscaping trends, modular flower gardens.

**МАКС И МЕНКО** Надія Василівна – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, ННІ екології, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна, maksymenko@karazin.ua  
orcid.org/0000-0002-7921-9990

**ГОЛОЛОБОВА Олена Олександрівна** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи ННІ екології, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
elena.golobova@karazin.ua  
orcid.org/0000-0001-5558-2114

**Анотація.** В контексті створення зеленої інфраструктури Харкова, здатної виконувати затребуваний спектр екосистемних послуг задля реалізації принципу сталого розвитку міста, набуває актуальності визначення її необхідних і пріоритетних елементів, їх оптимальних площ, впровадження стійких рослинних компонентів за допомогою використання нових видів, культиварів, гібридів.

Невід'ємним елементом зеленої інфраструктури є газони. Доведено, що найбільш поширена технологія, яка затребувана при екологічній реконструкції загальноміських ландшафтно-рекреаційних територій, – це технологія укладання рулонних газонів, площа яких наразі складає 956,3 га. Наведені приклади використання рулонного газону зі злакових трав й альтернативних видів газонів, зокрема газону з повільно зростаючих культиварів конюшини білої, газону з ґрунтопокривної рослини копитняк європейський.



Доведено, що впровадження у зелену інфраструктуру міста ще одного альтернативного виду газону – ялівцевого – дозволить не тільки ефективно посилити екологічні та естетичні функції зеленої інфраструктури, але й значно, у десять разів, зберегти кошти місцевих бюджетів. Створення саме такого газону пропонується за допомогою культиварів ялівцю горизонтального (*Juniperus horizontalis*), зокрема культивару 'Prince of Wales'.

Наведені приклади реалізації принципу мінімізації витрат на придбання та подальше утримання однорічних декоративних культур, який повинен стати одним із важливіших принципів формування зеленої інфраструктури міста.

Наведені приклади досягнення композиційної різноманітності за допомогою високоштабових великомірних саджанців декоративних дерев, удосконалення естетики міського середовища за допомогою модульних квітників.

Задля формування зеленої інфраструктури авторами запропонований вибір стійких рослинних компонентів ландшафту, що формує його нову екологічну якість, яка сприяє компенсації антропогенних навантажень на природне оточення й повертає людині, яка живе у великому місті, можливість повноцінного контакту з природою.

**Ключові слова:** зелена інфраструктура, Харків, міський ландшафт, рулонний газон, ялівцевий газон, реконструкція зелених насаджень, троянди ландшафтної групи, екологічні тренди озеленення, модульні квітники.

---

Система озеленення в Харкові, як і в інших великих та малих містах України, активно розпочавшись у післявоєнний час, була сформована к середині 90-х років минулого століття. Але традиційно сформована система озеленення наразі не в змозі надати затребуваний спектр екосистемних послуг задля реалізації принципу сталого розвитку територій. Набули актуальності зміни в стандартах міського озеленення, які спонукають до реалізації концепції створення зеленої інфраструктури міста. Згідно з визначенням (ЄС): «Зелена інфраструктура» – це стратегічно спланована мережа природних і напівприродних територій з іншими екологічними характеристиками, розробленими і керованими для надання широкого спектра екосистемних послуг, таких як очищення води, якість повітря, простір для відпочинку і пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації. Ця мережа зелених (земельних) і блакитних (водних) просторів може поліпшити умови навколишнього середовища і, отже, здоров'я та якість життя громадян [1].

В контексті створення зеленої інфраструктури міста, здатної виконувати зазначені вище природоорієнтовані рішення, набуває актуальності визначення її необхідних і пріоритетних елементів, їх оптимальних площ, впровадження стійких рослинних компонентів за допомогою використання нових видів, культиварів, гібридів.

Найважливішим елементом зеленої інфраструктури, який здатний виконувати великий спектр затребуваних екопослуг, є газон. Завдяки

злаковим травам ґрунт захищений від пересихання та вивітрювання, температура поверхні газону на 4–5° нижча, ніж на відкритому ґрунті, і на 20–15° менша, ніж над асфальтобетоном і гравієм. Трави затримують частинки пилу, очищаючи повітря набагато більше, ніж листя дерев і чагарників (А. В. Клименко, А. Д. Дьяченко, 2011). Злакові фітоценози сприяють виведенню шкідливих сполук з середовища проживання людини. З 1 га газону поглинається 7–8 т CO<sub>2</sub> на рік, наявність трав'яного покриву в 3–17 разів зменшує надходження біогенних речовин у водойми, запобігаючи їх цвітіння. Газон є своєрідним регулятором мікроклімату. Трави випаровують в середньому від 5 до 7 тис. м<sup>3</sup> води з 1 га площі за вегетаційний період. Газони сприяють зниженню поверхневого стоку в 1,4–1,7 рази, стабілізуючи гідрологічний режим території (И. А. Ерема, О. В. Созинов, 2015; П. М. Верещагіна, О. А. Коваленко, А. В. Чернова, 2015).

У Харкові газон становиться невід'ємним елементом зеленої інфраструктури міста. Площа газону в м. Харкові на об'єктах зеленого господарства складає 956,3 га [2].

Наразі найбільш поширеним технологічним рішенням створення газонного покриття при облаштуванні відкритих міських територій є використання рулонного газону, технологія укладки та догляду за яким вже детально відпрацьована й починаючи з 2007 р. щорічно використовується при впорядкуванні парків, скверів. Площа укладання рулонного газону збільшується щорічно:

- 2007 рік – 6,6 тис. м<sup>2</sup>;
- 2008 рік – 7,1 тис. м<sup>2</sup>;
- 2009 рік – 21,5 тис. м<sup>2</sup>.

У м. Харкові рулонні газони є активно використовувана опція, яка затребувана при екологічній реконструкції загальноміських ландшафтно-рекреаційних територій, зокрема парку Горького, саду імені Т. Г. Шевченка, водно-пейзажного парку «Саржин Яр», скверу «Стрілка», парку Молодіжний, парку Перемоги на Салтівському масиві, скверу майдану Свободи, ділянок зеленого будівництва магістральних вулиць і доріг, зокрема проспекту Гагаріна, проспекту Науки. Рулонні газони використовуються для облаштування території при будівництві або реконструкції об'єктів обмеженого користування та спеціального призначення. Прикладами можуть слугувати облаштування Гольф-клубу в Сокольниках (рис. 1.), ділянки зеленого будівництва Юридичної Академії імені Ярослава Мудрого, установ культури й мистецтв, установ громадського харчування, банків, що розташовані на центральних вулицях міста.



Рис. 1. Облаштування газонним покриттям Гольф-клубу в Сокольниках, Харків

Fig. 1. Lawn covering of the Golf club in Sokilniki, Kharkiv



Рис. 2. Газон з конюшини білої у Саду ім. Т. Г. Шевченка

Fig. 2. White clover lawn in T. G. Shevchenko park

Але важливо враховувати, що є перелік необхідних технологічних елементів, без проведення яких рулонний газон не зможе слугувати достатньо довго, зокрема це весняна скарифікація, весняна та осіння аерація, регулярні, протягом всього вегетаційного періоду, стрижки, поливи, підживлення, заходи щодо захисту від хвороб та шкідників, знищення крижаної кірки взимку.

Довговічність газону досить сильно залежить від біологічних властивостей рослин, що входять до складу насінневої суміші, від місця укладання газону: наприклад, в умовах паркової зони міста – максимальний термін життя газону складає 5–6 років [3]. Тому при екологічній реконструкції існуючих та створенні нових елементів зеленої інфраструктури, з урахуванням принципу мінімізації витрат необхідно орієнтуватися на застосування стійких у часі рослинних компонентів, що зберігають свої декоративні властивості з мінімальною участю людини.

Прикладом використання альтернативного рулонному газону зі злакових трав є газон з повільно зростаючих культиварів конюшини білої або суміші конюшини білої і злакових трав. У Харкові газони з конюшини білої були створені при реконструкції парку Горького. Щорічно парк Горького докуповує насіння конюшини для створення нових площ і реконструкції створених раніше. Досвід виявився вдалим, і газони з конюшини білої були створені при реконструкції Саду Шевченка (рис. 2). Представлений газон має однорідний видовий склад, максимально щільне проектне покриття травостою, відрізняється привабливим зеленим кольором свіжості, який зберігається протягом усього вегетаційного періоду. Газони з конюшини білої переносять тіністі місця під деревами, здатні добре розвиватися на погано дренованих ґрунтах, не потребують

підгодівлі і частого поливу, зберігають свій привабливий прохолодно-зелений колір навіть у найспекотніші і посушливі періоди, швидко відновлюються після стрижки або вигоптування, збагачують ґрунт азотом, не вимагають частих стрижок, не сприйнятливі до цвілевих грибків. Ще однією важливою екологічною рисою конюшини білої є потужна коренева система цієї рослини, що дозволяє використовувати її для створення газонів на відкритих просторах зі складним рельєфом, зокрема для зміцнення укосів, на схилах. Створений з конюшини білої газон в Саду ім. Т. Г. Шевченка продемонстрував впевнене подолання складних погодних умов з високоамплітудними температурними стрибками взимку 2021 р. й під час вегетації влітку, з великою кількістю спекотних днів, швидко зайняв наданий простір з вираженою геопластикою.

Прикладом успішної екологічної реконструкції рекреаційної території не тільки у Харкові, але й в Україні є реалізація проекту «Водно-пейзажний парк «Саржин Яр», який у вересні 2020 року одержав гран-прі I Національної премії з ландшафтної архітектури і садового дизайну в номінації «Реновація і ревіталізація територій». Проект демонструє дбайливе ставлення до історичного ландшафту і в той же час реалізує сучасний контекст наповнення міського ландшафту новими функціями і формами простору. Максимальне збереження природних і штучних компонентів водно-пейзажного парку (рельєфу, рослинності, бювету, водних об'єктів) доповнене сучасною геометрією пішохідних просторів, велодоріжок, територій із закріпленим функціоналом (спортивні, дитячі зони), відкриття нових точок ефектного візуального сприйняття закріплює унікальну роль водно-пейзажного парку «Саржин Яр» не



Рис. 3. Водно-пейзажний парк «Саржин Яр», Харків, 2021 р.

Fig. 3. Sarzhyn Yar water-landscape park, Kharkiv, 2021



Рис. 4. Водно-пейзажний парк «Саржин Яр». Створення газону з ґрунтопокривних рослин

Fig. 4. Sarzhyn Yar water-landscape park. Works for the lawn from ground cover plants



тільки в якості екологічного каркаса міста, а й робить істотний внесок в мистецтво створення образу сучасного міста (рис. 3) (О. О. Гололобова, О. І. Калиновський, О. С. Шаповалова, С. Ю. Кіреєва, 2020).

Принцип використання потенціалу природи для самопідтримки середовища актуалізував створення в Саржиному яру газону з ґрунтопокровних рослин, завдяки якому рекреаційний простір парку перетворився в «живу тканину» ландшафту. Для створення газону необхідно використовувати ґрунтопокровні рослини, які відповідають таким вимогам: види і культивари повинні мати високу швидкість розмноження, здатні до швидкого створення якісного рослинного покриву, в той же час захоплення простору повинне бути контрольованим. Важливим критерієм при відборі є також тривалість існування посадки ґрунтопокровних рослин приблизно в 20 років. Види, які потрібно омолоджувати після декількох вегетаційних сезонів, малоцінні.

Таким вимогам відповідають види і культивари герані, манжетки, копитню, бруннери. Заслуговує на увагу спеціалістів журавець великокореневищний, або герань балканська, або великокореневищна (*Geranium macrorrhizum*) – довгоживуча рослина з тривалим періодом цвітіння, яка створює рівний килим з округлого глибоко розділеного світло-зеленого листя завдяки швидко наростаючому кореневищу. Ця посухостійка рослина приваблива протягом усієї вегетації, має приємний міцний аромат квітів і листя, добре розвивається на сонячних місцях й під ажурною тінню високих дерев. Кореневища розташовані неглибоко, практично на поверхні ґрунту, тому контролювати небажаний захват території геранню великокореневищною дуже легко [4].

Ґрунтопокровною рослиною вибору для створення газонного покриття під кронами високих дерев у водно-пейзажному парку «Саржин Яр» став копитняк європейський (*Asarum europaeum* L.), який здатний утворювати в монопосадках щільний низький килим з блискучого темно-зеленого листя, що слугує чудовим фоном для інших рослин, наприклад для папоротей, купини, хости, анемони. На рис. 4 відображений період формування в Саржиному Яру такого дійсно природного газону, який максимально відповідає втіленню екологічного підходу при облаштуванні відкритих рекреаційних просторів. Газон з копитню якісно змінить колористику поверхні землі, наситить її темно-зеленою листяною текстурою. Незначна потреба у догляді в поєднанні з проявами таких екологічних функцій, як утримання вологи, очищення повітря, насичення його киснем, перетворює цей елемент зеленої інфраструктури у фактор забезпечення стійкості середовища.

Авторами була проведена інвентаризація газонних насаджень на територіях Шевченківського та Слобідського районів м. Харкова.

Основу зеленої інфраструктури Шевченківського району складають: Центральний парк культури та відпочинку імені М. Горького, Сад імені Т. Г. Шевченка, Лісопарк, Олексіївський лугопарк, Ботанічний сад Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, а також невеликі сквери та парки. Інвентаризаційна карта міських газонних насаджень Шевченківського району м. Харкова представлена на рис. 5.

Загальна кількість ділянок з газонним покриттям в парках, скверах, бульварах, лісопарку, на об'єктах житлової та промислової забудови на території Шевченківського району складала 2029 об'єктів із загальною площею 6,57 км<sup>2</sup> [9].

Результати комплексного оцінювання якості газонних насаджень Шевченківського району м. Харкова наведені у таблиці 1. Оцінювання в балах проводилося за якістю видового складу травостоїв та якістю проектного покриття травостою газонних насаджень Шевченківського району м. Харкова. Якість газонів варіювала від відмінної – еталонні газони в Саду ім. Т. Г. Шевченка, де він густий, інтенсивно-зелений, однорідний за видовим складом (100% злакових рослин), до доброї, задовільної та навіть незадовільної на інших локаціях Шевченківського району м. Харкова.

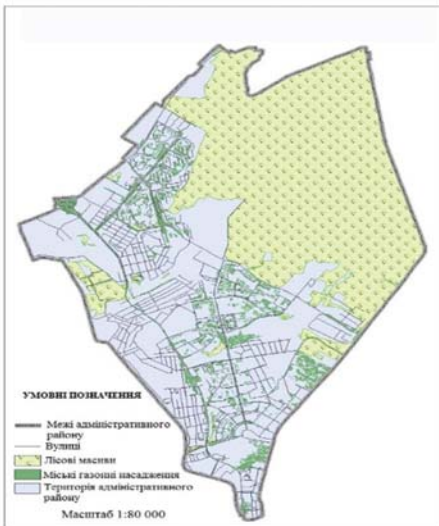


Рис. 5. Інвентаризація газонних травостоїв Шевченківського району

Fig. 5. Inventory of the lawn grass stands in Shevchenkivskiy district



Рис. 6. Інвентаризація газонних насаджень міського Саду ім. Т. Шевченка

Fig. 6. Inventory of the lawns in T. G. Shevchenko park



Таблиця 1

Комплексна оцінка якості газонних насаджень  
Шевченківського району м. Харкова [9]

| Об'єкт                                 | Кількість ділянок, шт. | Оцінка проєктного покриття травостою, бали | Оцінка видового складу травостоїв, бали | Комплексна оцінка якості, бали | Рівень якості газонного травостою |
|--|------------------------|--|---|--------------------------------|-----------------------------------|
| Сад імені Т. Г. Шевченка               | 117                    | 5  | 5                                       | 25                             | Відмінний                         |
| Сквер «23 Серпня»                      | 2                      | 5  | 5                                       | 25                             | Відмінний                         |
|  | 23                     | 4  | 4                                       | 18                             | Добрий                            |
|  | 10                     | 3  | 3                                       | 9                              | Задовільний                       |
|  | 3                      | 1  | 2                                       | 2                              | Незадовільний                     |
| Територія біля ст. м. «Ботанічний сад» | 4                      | 4  | 4                                       | 16                             | Добрий                            |
|  | 1                      | 3  | 3                                       | 9                              | Задовільний                       |
|  | 4                      | 1  | 2                                       | 2                              | Незадовільний                     |
| Сквер на вул. Клочківській             | 11                     | 4  | 5                                       | 20                             | Добрий                            |
|  | 14                     | 3  | 3                                       | 9                              | Задовільний                       |
|  | 10                     | 1  | 2                                       | 2                              | Незадовільний                     |
| Саржин Яр                              | 17                     | 5  | 5                                       | 25                             | Відмінний                         |
|  | 47                     | 4  | 5                                       | 20                             | Добрий                            |
|  | 8                      | 3  | 4                                       | 12                             | Задовільний                       |

Сквер «23 Серпня» включає 23 ділянки з газоном, який має добрий стан, 10 ділянок – задовільний. Проєктне покриття більшості ділянок зімкнуте-мозаїчне, за видовим складом рослин злаки становлять 80 %, проте незначна кількість ділянок має незадовільний рівень якості, переважає рудеральна рослинність (рис. 7) [9].

Ділянки природного газону біля станції метро «Ботанічний сад» (рис. 8) мають добрий, задовільний та незадовільний рівні щодо якості травостоїв, в його складі є не тільки злакові, а й адвентивні рослини. Проєктне покриття на окремих ділянках одинично-роздільне, одинично-групове, конституційна структура видового складу за злаковими травами становить лише 30 %. На ділянках із зімкнуто-мозаїчним покриттям (80 %) злакові трави складають 70 % [9].

Добрий рівень якості проєктивного покриття мають 70 % газонних ділянок у Сквері на вул. Клочківській. Характер травостоїв зімкнуто-мозаїчний, за видовим складом рослин злаки становлять 80 %. В межах



Рис. 7. Інвентаризація газонних насаджень скверу «23 Серпня»

Fig. 7. Inventory of the lawns in The 23-rd of August green site

скверу спостерігається значна кількість протоптаних стежинок, які мають додаткове антропогенне навантаження на травостій та погіршують загальний вид рекреаційної зони (рис. 9). За видовим складом та проектним покриттям газони Саржиного Яру після реконструкції, проведеної у 2019 р., мають відмінний рівень якості (рис. 10).

Основу зеленої інфраструктури Слобідського району складають: парк Машинобудівників (колишній парк культури і відпочинку ім. Артема), громадський парк культури і відпочинку «Металіст», а також невеликі сквери та парки, що розташовані поблизу будівель, автодоріг, станцій метро тощо. Найбільші за площею стали експериментальними ділянками у проведенні інвентаризаційних досліджень навесні 2020 р.

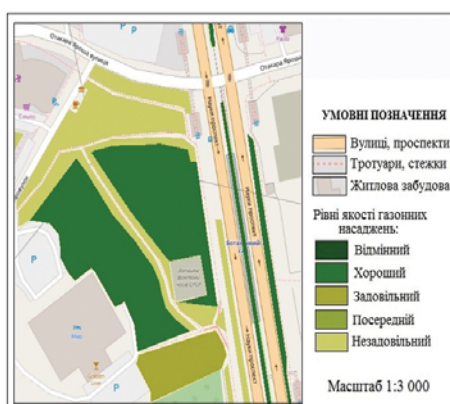


Рис. 8. Інвентаризація газонних насаджень біля станції метро «Ботанічний сад»

Fig. 8. Inventory of the lawns near Botanical garden metro station



Рис. 9. Інвентаризація газонних насаджень скверу на вул. Клочківській

Fig. 9. Inventory of the lawns in green site located on the Klochkivska street

(рис. 11). Локації газонів та травостоїв газонного типу, які були предметом проведеної інвентаризації, мають площу 129932 м<sup>2</sup>, при цьому площа газонів та травостоїв газонного типу з незадовільним станом дернового покриття складає 86913 м<sup>2</sup>, тобто 66,9 % загальної площі обстеженої території для виконання своїх екологічних та естетичних функцій потребує проведення реконструкційних ландшафтних робіт [10].

З огляду на, що людина при ходьбі до 30 % часу дивиться собі під ноги [11], сприйняття нею поверхні землі є важливою складовою емоційного впливу середовища, і поява в структурі покриття озеленених фрагментів різної конфігурації відноситься до істотного резерву в підвищенні психофізіологічного впливу природних елементів міських відкритих просторів на людину.

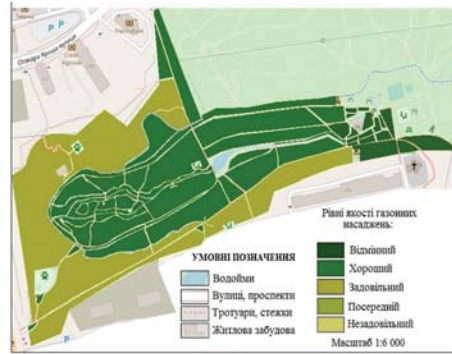


Рис. 10. Інвентаризація газонних насаджень «Саржиного Яру»

Fig. 10. Inventory of the lawns in Sarzhyn Yar

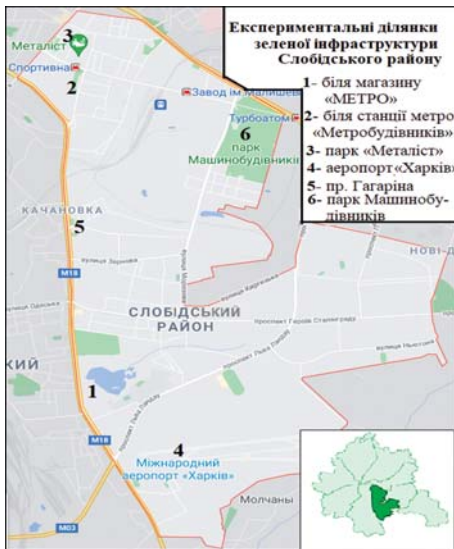


Рис. 11. Експериментальні ділянки зеленої інфраструктури Сlobідського району

Fig. 11. Experimental sites of green infrastructure in Slobidskiy district

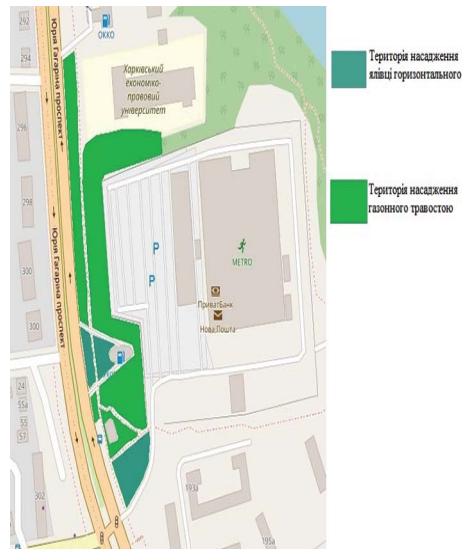


Рис. 12. Територія паркування біля магазину «МЕТРО», локації ялівцевого та рулонного газонів

Fig. 12. Parking area near METRO mall, locations with juniper and rolled lawns

Сильні та слабкі сторони традиційних злакових газонних насаджень проаналізовані авторами за допомогою SWOT-аналізу й представлені у таблиці 2. Серед сильних сторін газонних насаджень слід виділити їх здатність до регуляції поверхневого стоку та покращення санітарно-гігієнічних умов території. Зелений колір газону знижує «сірість» міських територій, покращує психологічний стан, слугує місцем вибору для відпочинку та рекреаційної діяльності. Проте газонні травостої зазнають забруднення, створення газонів високовартісне [9].

Таблиця 2

Сильні та слабкі сторони традиційних  
злакових газонних насаджень [9]

| Параметри оцінки                         | Сильні сторони   | Слабкі сторони   |
|--|--|--|
| Екологічні функції території дослідження | 1. Регуляція поверхневого стоку.   | 1. Вибагливість при вирощуванні та догляді (потреба в мінеральному живленні, зрошенні, захисту від хвороб, регулярна стрижка). |
|  | 2. Захист від водної і вітрової ерозії.  |  |
|  | 3. Зволоження та зниження температури повітря.   | 2. Зменшення видової різноманітності   |
| Вплив на/від населення                   | 1. Поліпшення психологічного стану (зниження стресового навантаження), відновлення працездатності. | 1. Забруднення твердими побутовими відходами.  |
|  | 2. Сприятлива територія для відпочинку, рекреаційної діяльності.                                   | 2. Прямі механічні пошкодження автотранспортом чи населенням.  |
| Декоративність                           | 1. Основний ландшафтоутворюючий і об'єднуючий елемент, основа розміщення для зелених насаджень.    | 1. Недостатній рівень фінансового забезпечення у сфері озеленення міста  |
|  | 2. Привабливість рекреаційних територій, знижує ефект «сірості» міських територій.                 | 2. Висока вартість матеріалів, робіт, устаткування   |

Результати аналізу можливостей та ризиків газонних насаджень представлені в табл. 3. Можна визначити такі можливості, як підвищення здатності довкілля до саморегуляції через створення стійких фітоценозів газонних насаджень, поява нової екологічної ніші для мікроорганізмів і рослин; покращення санітарно-гігієнічних умов та регулювання теплового балансу. Проте при створенні насаджень можуть виникнути ризики, зокрема зміна еколого-меліоративних показників ґрунту при надмірному зрошуванні, деградація наявних газонних насаджень внаслідок недотримання технології догляду за газоном, укуси кліщами людей та тварин при відсутності обробки паркових й лісопаркових територій.



Таблиця 3

Можливості та ризики використання газонних насаджень

| Параметри оцінки | Можливості  | Ризики   |
|------------------|---|--|
| Екологічність    | 1. Нова екологічна ніша для мікроорганізмів, рослин.  | 1. Зміна еколого-меліоративних показників ґрунту при надмірному зрошуванні.                    |
|                  | 2. Покращення санітарно-гігієнічних умов, регулювання теплового балансу.                      | 2. Деградація наявних газонних насаджень внаслідок недотримання технології догляду за газоном. |
|                  | 3. Здатність довкілля до саморегуляції через створення стійких фітоценозів у часі і просторі. | 3. Укуси кліщами людей та тварин при відсутності обробки паркових і лісопаркових територій.    |
| Благоустрій      | 1. Високий рівень зацікавленості місцевої влади.  | 1. Дефіцит бюджетних коштів.   |
|                  |   | 2. Висока собівартість.  |
|                  |   | 3. Перевищення допустимих антропогенних (рекреаційних) навантажень на території з газонами.    |
|                  | 2. Естетична привабливість, брендуння міста.  | 4. Недотримання технологій та низька якість виконання робіт персоналом                         |

Створення якісних газонних насаджень усталює нові високі можливості щодо екологічних послуг зеленої інфраструктури для міського простору, зокрема надає відкритим міським локаціям естетичної привабливості, сприяє брендунню міста. Серед ризиків можна виділити дефіцит бюджетних коштів, високу собівартість створення якісного газону, недотримання технологій, низьку якість виконання робіт персоналом, перевищення допустимих антропогенних (рекреаційних) навантажень на газонних локаціях.

Впровадження у зелену інфраструктуру міста альтернативного виду газону – ялівцевого дозволить не тільки ефективно посилити екологічні та естетичні функції зеленої інфраструктури, але й значно, у десять разів, зберігати кошти місцевих бюджетів. Створення саме такого газону пропонується за допомогою культиварів ялівцю горизонтального (*Juniperus horizontalis*), зокрема культивару 'Prince of Wales', який був спеціально створений селекціонерами Канади для міського озеленення. Ця пластична рослина є стійкою до посухи, високих і низьких температур, не вимагає високих агрофонів, тому не потребує підживлення, мульчування та поливу, виділяє за добу найбільшу серед інших рослин кількість фітонцидів, має високу естетичну виразність, формує нові стандарти дизайну міського ландшафту. Локації для проведення реконструкції



Рис. 13. Територія вздовж автомагістралі М18 по проспекту Гагаріна, запропоновані локації ялівцевого та рулонного газонів

Fig. 13. Area along M18 highway, Gagarin prospect, locations proposed for juniper and rolled lawns



Рис. 14. Територія біля станції метро «Метробудівників», запропоновані локації ялівцевого та рулонного газонів

Fig. 14. Area near Metrobudivnykiv metro station, locations proposed for juniper and rolled lawns

травостоїв газонного типу Слобідського району за допомогою створення ялівцевих газонів представлені на рисунках 12–16.

Наприклад, парк «Металіст» має близько 66,9 % незадовільного газонного покриття. Через те, що парк має деревну рослинність, слід використовувати чергування рулонного та ялівцевого газону, розміщуючи останній на відкритих ділянках парку. Звернення до «золотої перетину» дозволить уникнути монотонності, досягти

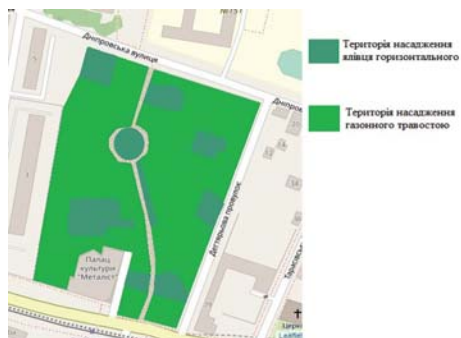


Рис. 15. Парк «Металіст», локації ялівцевого та рулонного газонів

Fig. 15. Metallist park, locations proposed for juniper and rolled lawns



Рис. 16. Територія біля злітної смуги аеропорту «Харків», локації ялівцевого та рулонного газонів

Fig. 16. Area adjacent to Kharkiv airport runway, locations proposed for juniper and rolled lawns



створення виразних ефектних композицій, які демонструють втілення нових стандартів дизайну паркових просторів.

Використання посадкового матеріалу, який можливо вирощувати на комунальних підприємствах міста, які займаються благоустроєм, дозволить ще значно знизити вартість технології створення ялівцевих газонів.

Здійснити щеплення природного ландшафту урбаністичному оточенню можливо завдяки використанню різних видів невимогливих злакових рослин.

Екологічна спрямованість ландшафтного проектування, яка характерна для сьогодення, дала поштовх до розширення асортименту рослин, прийомів їх застосування, звернення ландшафтних архітекторів і дизайнерів до багаторічних трав'янистих рослин, з комбінації різних видів яких створюється рослинний покрив, що сприймається як єдине ціле. Зростає інтерес до повного життєвого циклу рослин, до сезонних змін, до видових форм рослин. З'являється розуміння естетики багаторічників, особливо злакових трав у період міжсезоння. Сучасний стиль посадок, який являє художню стилізацію природного середовища, виник практично одночасно на різних континентах в 70–80-ті роки ХХ століття, що свідчить про назрілу потребу в новому баченні саду і зниженні трудовитрат по догляду за ним. Це сади нової хвилі, концепцію яких розробив всесвітньовідомий ландшафтний архітектор Піт Удольф. В основу створення цих садів покладена ідея створення матричних насаджень, основу яких складають структурні багаторічники, які добре тримають форму, не розвалюються, зберігають декоративність без обрізки і в зимовий період, стійкі до бур'янів і не складні у догляді. Такі рослини складають близько 70% площі від всього обсягу посадок. Решта 30% складають рослини «наповнювачі», які слугують для посилення естетичного впливу за рахунок барвистості цвітіння або забарвлення листя. Вимоги щодо стабільної декоративності для рослин «наповнювачів» менш жорсткі, головне – естетична привабливість під час цвітіння і контраст з «матричними» рослинами [12].

Для створення садів нової хвилі у Харкові можливо використовувати високодекоративні культивари імперати циліндричної (*Imperata cylindrica*), міскантусу китайського (*Miscanthus sinensis*), молінії блакитної (**Molinia caerulea**), проса волосоподібного (*Panicum capillare* L.), проса прутноподібного (*Panicum virgatum*), стоколосу великоколоскового (*Bromus macrostachys*), війнику гостроквіткового (*Calamagrostis cutiflora*), ячменю гривастого (*Hordeum jubatum*), трясучки середньої (*Briza media*), зайцехвосту яйцеподібного (*Lagurus ovatus*), міскантусу цукровквіткового (*Miscanthus sacchariflorus*), очеретнику звичайного (*Phalaris arundinacea*), ковили волосистої (*Stipa capillata*), гелікотріхону вічнозеленого (*Helictotrichon sempervirens*), вівсяниці сизої (*Festuca cinerea*).

Середня вартість створення злакових насаджень складає 500–630 грн/м<sup>2</sup>, що в 3,5 рази дешевше за створення класичних газонів методом посіву травосуміші та в 2,7–3 рази дешевше за створення рулонних газонів, а утримання злакових садів на порядок дешевше, ніж утримання газонних насаджень [9]. Пильну увагу необхідно приділити зазначеним декоративним злаковим травам ще й тому, що ці рослини створюють потужну дернину, яка здатна утримувати велику кількість води, що особливо актуально під час ливнів та весняного танення снігу.

Усвідомлюючи величезну роль газонів, фахівці Харкова розглядають питання створення «газонів над головою». Зелені дахи як елемент зеленої інфраструктури здатні компенсувати недолік вільних територій, додавати привабливості районам з щільною забудовою, виконувати важливі екологічні функції утримання та поступового відведення дощової води під час сильних опадів, створювання приємного мікроклімату.

Отже, Харків відноситься до тих міст України, в яких останнім часом активно проводиться екологічна реконструкція зеленої інфраструктури міста. Невипадково, що на цьому початковому етапі оновлення зелену інфраструктуру насичують якісними газонами, які виступають як основний ландшафтоутворюючий і об'єднуючий елемент, слугують фоном і основою для розміщення зелених насаджень, архітектурних та інших споруд й являють собою дієвий засіб перетворення ландшафтів.

Як відповідь на сучасні запити щодо формування зеленої інфраструктури міста важливо саме на цьому етапі прийняти концепцію багатоваріантності рослинних компонентів при створенні газону й, спираючись на принципи максимальної відповідності елементів зеленої інфраструктури функціям простору, мінімалізації витрат на подальшу підтримку міського ландшафту, сумісності рослинних компонентів, забезпечити стійкий розвиток міського ландшафту.

Зокрема статусність значущих суспільних об'єктів доречно підкреслити якісними газонами, використовуючи технологію укладки рулонного газону, відкриті простори парків, скверів облаштувати ще й газонами з білої конюшини, ґрунтопокривних рослин, культиварів ялівцю горизонтального різних кольорів від яскраво зеленого, як у 'Prince of Wales', до голубого 'Winter Blue', природність ландшафтів Олексіївського лугопарку підкреслити численними луговими газонами. На територіях парків і скверів доцільно влаштувати сади нової хвилі, які знизять ефект одноманітності, нададуть природності рекреаційним територіям, приваблюючи в міські сади численні види корисних комах.

Технологія «зелених дахів» ще не досягла у Харкові великих масштабів. В той же час зелені дахи являють нові творчі й екологічні рішення,



які сумісно з іншими успішними проєктами у сфері озеленення здатні реалізувати «амбітні плани» в брендуння нашого міста як міста комфортного проживання, створення його іміджу (див. розділ).

На наш погляд, в озелененні м. Харкова постає проблема використання застарілого асортименту троянд, який не відповідає сучасним уявленням про можливості рослинного компоненту в створенні перетвореного гармонічного естетично привабливого міського середовища. Навіть при проведенні ландшафтних робіт у недавньому минулому, зокрема на майдані Захисників України, були висаджені культивари чайно-гібридних троянд з характерним поодиноким цвітінням, які не виявляють достатню екологічну пластичність до біотичних та абіотичних стресів в умовах урбосистеми м. Харкова.

За результатами інтегрованої екологічної оцінки (табл. 4), для міського озеленення можна рекомендувати культивари троянд так званої ландшафтної групи, зокрема 'Cordula' й 'Tornado', які завдяки безперервному рясному квітненню, стійкості до абіотичних й біотичних факторів є високо декоративними пластичними культиварами для створення клумб, бордюрів. Заслуговує на увагу можливість утримання цих культиварів у контейнерній культурі. Цей прийом здатний позитивно впливати на художню виразність міського середовища, забезпечити «високу концентрацію краси» й вирішити проблеми перезимівлі. Виходячи з композиційних міркувань, застосування подібних акцентів найбільш доцільно на підходах до значущих суспільних будинків, пішохідних просторів парків, скверів [9].

Таблиця 4

Інтегрована екологічна оцінка культиварів троянд  
ландшафтної групи [9]

| Культивари           | Вимоги до абіотичних факторів             | Інтенсивність розвитку у період вегетації; архітектоніка рослини          | Тривалість та рясність цвітіння | Стійкість до хвороб та шкідників | Застосування |
|----------------------|---|---|---------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 'Les Quatre Saisons' | Невибагливий, пластичний                  | Висока інтенсивність розвитку, кущ не завжди симетричний, викидає «вудки» | Хвилями, рясне                  | Стійкий                          | Клумби       |
| 'Nadia Meilandecor'  | Невибагливий, але квіти не витримують дощ | Висока інтенсивність розвитку, кущ не завжди симетричний, викидає «вудки» | Хвилями, рясне                  | Стійкий                          | Клумби       |

|           |  |   |                         |         |                             |
|-----------|--|---|-------------------------|---------|-----------------------------|
| 'Tornado' | Невибагливий, пластичний, відмінно витримує дощ, відцвілі пелюстки добре обсіпаються | Кущ компактний, щільний, правильної форми | Безперервне, дуже рясне | Стійкий | Клумби, бордюри, контейнери |
| 'Cordula' | Невибагливий, пластичний, відмінно витримує дощ, відцвілі пелюстки добре обсіпаються | Кущ компактний, щільний, правильної форми | Безперервне, дуже рясне | Стійкий | Клумби, бордюри, контейнери |

Створення клумб з однорічними квітковими рослинами є для Харкова традиційним елементом озеленення. У Харкові кількість літників, які щорічно висаджуються, має позитивну динаміку, зокрема квіткової продукції було висаджено:

- 2006 рік – 444, 0 тис. шт.;
- 2007 рік – 700,0 тис. шт.;
- 2008 рік – 1 700,0 тис. шт.;
- 2009 рік – 2 100,0 тис. шт.;
- 2010–2020 рр. – 1800,0–2 100,0 тис. шт.

Так, у 2016 році на об'єктах зеленого господарства міста було висаджено 1 842 534 шт. квітів. У 2020 р. СКП «Харківзеленбуд» придбав розсади однорічних квіткових культур вартістю 21 млн грн. Зокрема на 3,15 млн грн розсади тагетесу вартістю 15 грн/од; на 2,75 млн грн – колеусу по 14,52 грн/од; віоли – по 21,9 грн/од; на 2,1 млн грн; петунії різнокольорової – по 14,04 грн/од, а петунію ампельну по 20,88 грн/од, бегонію на 2,19 млн грн по 14,58 грн/од. Також була придбана розсада бегонії, віоли, агератуму, шавлії блискучій. Всього біля 2 млн однорічних квітів [13].

На найбільшій, 3-х ярусній міській клумбі по пр. Гагаріна, котра була створена в 2008 році, щорічно висаджується близько 90 тис. квітів, на двох клумбах: на перехресті вул. 23 Серпня і вул. Космонавтів, на перехресті вул. 23 Серпня і вул. О. Яроша, висаджується близько 80 тис. квітів. Протягом останніх років при оформленні клумб в м. Харкові втілюється український орнамент. У 2016 році навколо пам'ятника Т. Г. Шевченку було висаджено квіти у вигляді вишиванки. На території саду Т. Г. Шевченка також було створено клумби з урахуванням національних візерунків.



Рис. 17. Сад ім. Т. Г. Шевченка, килимові клумби, 2021 рік  
Fig. 17. T. G. Shevchenko park, carpet beds, 2021

На Університетській гірці висаджено квітковий Прапор України. Нові тематичні квітники «Ми любимо Харків» на тлі газону було створено на схилах вулиць Дерев'янка, Новгородської, Полтавський Шлях. Слід визнати, що парадні тематичні квітники доречні як елемент озеленення в центральній частині міста, наприклад тематична клумба «Герб Харкова» в Саду ім. Т. Г. Шевченка (рис. 17) [14].

У той же час, слід зазначити, що утримання клумб з літниками вимагає систематичного догляду та тягне високі витрати. До того ж багаторічна практика показує, що висаджування розсади квіткової продукції починається в кінці травня-червні, іноді і в більш пізні терміни, період декоративності припадає на червень-вересень, в роки з першими нічними негативними температурами у вересні і того менше: на червень-



Рис. 18. Клумба на Привокзальному майдані, червень 2021 р

Fig. 18. Flowerbed on the Privokzalna square, June 2021



Рис.19. Клумба в Саду ім. Т. Г. Шевченка, червень, 2021 р

Fig.19. Flowerbed in T. G. Shevchenko park, June 2021

серпень (рис. 18–19) обмеження використання літників повинне стати одним із принципів формування зеленої інфраструктури, що дозволить мінімізувати витрати на придбання та подальше утримання клумб з однорічними декоративними культурами.

Прикладом реалізації такого підходу є клумби Саду ім. Т. Г. Шевченка, які після реставрації Саду ім. Т. Г. Шевченка набули нового «рослинного наповнення» за допомогою варігатного культивару свидини білої. Цей декоративний чагарник не вимогливий до родючості ґрунту, володіє високою зимостійкістю, добре утримується в умовах міста, стійкий до пошкодження хворобами і шкідниками. Такі посадки також потребують догляду, наприклад щорічної формуючої обрізки, але при цьому не витрачаються кошти міського бюджету на щорічне придбання рослинного матеріалу, використання поливу і т. і. (рис. 20–21).

В контексті мінімізації витрат на подальше підтримання квітників пропонуємо розглянути для їх створення культивари барбарису Тунберга, що мають повільне зростання і правильну сферичну форму з густо розташованими листями, пурпуровим, як у 'Багатель', 'Атропурпуреа нана', жовто-золотистого кольору, як у 'Голдаліта', зеленим влітку і яскраво-червоним, як у 'Кобальт', темно-помаранчевим з жовтою облямівкою, як у одного з найбільш декоративних культиварів запропонованого виду 'Адмірешн'.

Для підтримки виразності на підставі принципу нюансу асортимент барбарису можна доповнити культиварами туї західної 'Little Champion', 'Danica', 'Little Giant', які мають подібні розміри і форму крони.



Рис. 20. Клумба в Саду ім. Т. Г. Шевченка біля алеї зірок кінофестивалю «Харківський бузок», рослинний матеріал – свидина біла

Fig. 20. Flowerbed in T. G. Shevchenko park, near the Star Alley for Kharkiv Lilac Cinema Festival, plant - Swida alba



Рис. 21. Клумба в Саду ім. Т. Г. Шевченка біля Каскаду, рослинний матеріал – свидина біла

Fig. 21. Flowerbed in T. G. Shevchenko park, near Cascade, plant - Swida alba



Рис. 22. Високоштамбові клени гостролисті кулясті 'Нана' по вулиці Академіка Павлова та у Саду ім. Т. Г. Шевченка

Fig. 22. High-stemmed pointed-leafed globular maples Nana along the Akademika Pavlova street and in T. G. Shevchenko park

Щоб уникнути монотонності, доцільно застосування сучасних прийомів композиції рослинності з використанням наростаючого інтервалу або зі створенням смислових пауз, що дозволяють виділити певні архітектурні або природні доміканти. Динамічність конфігурації рослинного матеріалу пов'язується, насамперед, з використанням S-подібних кривих, більш точно відомих як сума recta та сума reversa. Контури рослинності, слідуючи обрисам цих кривих, створюють ефект руху у просторі і мають безліч точок вигідного візуального сприйняття [11]. Для закріплення у міському середовищі характерної геометрії природних форм рослинами вибору можуть стати культивари спіреї японської, барбарису Тунберга, гортензії золотистої.

Багаторічні деревні рослини є найважливішим компонентом зеленої інфраструктури міста. Починаючи з 2006 року в Харкові щорічно виконуються роботи з реконструкції зелених насаджень на вулицях міста, у парках та скверах, на прибудинкових територіях, які включали знесення старих та посадку нових дерев. Для озеленення міських вулиць висаджувалися каштан, клен, липа, ясен плакучий, береза, бузок, шипшина, ялівець, черемха. По вулиці Полтавський Шлях були висаджені саджанці гіркокаштану звичайного, по вулиці Пушкінській та Академіка Павлова – клени кулясті (рис.20). По вулиці Лермонтовській, при закладенні Алеї Пам'яті, створеної до 65-річчя Перемоги, були висаджені липи. Липи також висаджені по вулиці Культури, на центральній вулиці Харкова - Сумській, на майдані Свободи, в парках і скверах, у «спальних» районах міста (рис. 22–24). У створеній зеленій зоні по вулиці Державінська висаджені липи, горобини, клени, ясені плакучі, берези.



Рис. 23. Високоштамбові липи на майдані Свободи

Fig. 23. Tall linden trees on the Svobody Square



Рис. 24. Молоді насадження липи зі стандартним штамбом по вулиці Роганській

Fig. 24. Young linden plantations with a standard stem along the Rohanska street

Це традиційні види деревних рослин для озеленення нашого міста. Але новим є садження високоштамбових великомірних саджанців. Важливим є достатньо високе розташування крон дерев, вони не повинні погіршувати рух міського транспорту, створювати незручності щодо енергетичних комунікацій та небезпечного знаходження людей в



Рис. 25. Парк культури та відпочинку «Зелений Гай», санітарна обрізка дерев з підняттям крони

Fig. 25. Zeleniy Gay recreational park, sanitary cutting of trees with crown lifting



Рис. 26. Сад ім. Т.Г. Шевченка, санітарна обрізка дерев з підняттям крони

Fig. 26. T. G. Shevchenko park, sanitary cutting of trees with crown lifting

рекреаційних зонах. Наразі якщо висаджують дерева зі стандартним штамбом у 2 м, то потім піднімають крону до 5–6 м. Обов'язково піднімають крони при проведенні формуючих обрізок вже існуючих дерев (рис. 25, 26).

Для озеленення використовують сучасні технології, зокрема дерева для міських вуличних посадок поставляються з великою грудкою ґрунту в мішковині і дротяній сітці, що оберігає земляний ком від руйнування. У міських локаціях з великим відсотком твердого покриття при посадці в яму закладаються елементи поливу, що вирішує проблему забезпечення дерев необхідною кількістю вологи, особливо у перші роки після садіння.

З ініціативи жителів, підтримуваної міською владою, в Харкові створюються нові упорядковані об'єкти зеленого господарства. Так, по вулиці Клочківській була створена рекреаційна зона, яку облаштували насадженнями клену кулястого, липи, культиварами туї західної, щепленого ясеню плакучого, збільшили існуючі насадження блакитних ялин (рис. 27–28).

Під час проходження акції «Greening of the Planet» у квітні 2021 р. були використані нові екологічні тренди озеленення мегаполісів, зокрема в сквері на майдані Свободи створена чудова композиція з щепленої форми сакури дрібнопильчастої на високому штамбі 'Роял бургунді' (рис. 29) [15].



Рис. 27. Ясен плакучий по вулиці  
Клочківська

Fig. 27. Weeping ash along the  
Klochivska street



Рис. 28. Блакитні ялини по вулиці  
Клочківська

Fig. 28. Blue fir trees along the  
Klochivska street



Рис. 29. Високоштабкові великомірні саджанці сакури дрібнопильчастої 'Роял бургунді' в сквері на майдані Свободи

Fig. 29. High-stemmed, large-sized seedlings of fine-toothed Royal Burgundy sakura on the Svobody square

високодекоративних культур для міського озеленення. Так, цвітіння найвідомішої магнолії в Харкові, яка знаходиться на Університетській гірці, збирає сотні харків'ян, які бажають помилуватися цвітінням рідкісної рослини. Останнім часом в Харкові були створені нові локації



Рис. 30. Група з магнолії Суланжа на тлі газону в Саду ім. Т. Г. Шевченка

Fig. 30. Magnolia Sulanzh trees around the lawn in T. G. Shevchenko park

Сакура дрібнопильчаста – морозостійка високодекоративна рослина, за допомогою якої, сподіваємось, будуть доповнені і створені нові композиції у міському просторі.

Цінним рослинним матеріалом для садово-паркового будівництва є морозостійкі види і культивари магнолії, які володіють високими декоративними якостями квіток, листя, оригінальністю плодів і займають серед красивоцвітучих дерев і чагарників одне з перших місць. Надзвичайно захоплюючий вигляд рослин під час тривалого цвітіння, достатня морозостійкість великої кількості культиварів різних видів створюють перспективні можливості використання магнолій в якості однієї з топ-високодекоративних культур для міського озеленення. Так, цвітіння найвідомішої магнолії в Харкові, яка знаходиться на Університетській гірці, збирає сотні харків'ян, які бажають помилуватися цвітінням рідкісної рослини. Останнім часом в Харкові були створені нові локації магнолії, зокрема біля озера у парку Горького, у міському Саду ім. Т. Г. Шевченка (рис. 30–30).

На початку осені 2021 р. в міській зеленій інфраструктурі Харкова стали з'являтися модульні квітники. Першою локацією таких модулів став майдан Свободи. Доречно зазначити, що зонування території задля виділення паркінгу є позитивним заходом. Але дизайн запропонованого модуля «Оазис» передбачає тимчасове перебування там жителів та гостей міста для короткочасного відпочинку. Перебування всередині інтенсивних транспортних потоків може бути небезпечним через велику

кількість транспорту, високий рівень забрудненості повітря, а також через відсутність бар'єрів або інших пристроїв, які б забезпечили захист відпочиваючих городян. Прийом використання модулів здається нам вдалим, проте доцільно використати такі варіанти модульних квітників, які повністю відповідатимуть заявленому функціоналу, зокрема саме на майдані Свободи це – розподіл транспортних потоків та зонування для паркінгу. Тому було приємно спостерігати другу, більш вдалу локацію «Оазису» у міському Саду ім. Т. Г. Шевченка.



Рис. 31. Магнолії у парку Горького

Fig. 31. Magnolias in Gorky park

Отже, озеленення в контексті формування зеленої інфраструктури є найважливішою складовою загального комплексу заходів з гармонізації міського середовища. Його екологізація актуалізує вибір стійких рослинних компонентів ландшафту, формує нову якість середовища, яка сприяє компенсації антропогенних навантажень на природне оточення й виступає як засіб досягнення композиційної різноманітності, удосконалення естетики кожного фрагмента міського середовища, «концентрацію краси», повертає людині, яка живе у великому місті, можливість повноцінного контакту з природою.

### Список використаних джерел до розділу

1. European Commission. Ecosystem services and Green Infrastructure. *Європейська комісія з охорони навколишнього середовища*: веб-сайт. URL: [https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm)
2. Доклад директора Департамента коммунального хозяйства городского совета Виктора Китанина на тему: «Защита зеленых насаждений и Лесопарка г. Харькова». *ХОГА*: веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkov.ua/ru/document/doklad-direktora-departamenta-kommunalnogo-hozyaystva-gorodskogo-soveta-viktora-kitanina-41103.html>
3. Від чого залежить довголіття рулонного газону? *Ландшафтний дизайн Екосвіт –Україна*: веб-сайт. <https://ecomir.in.ua/uk/hazon-ukr/ukladannia-ru-lonnoho-hazonu/faq-ukr/vid-choho-zalezhyt-dovholittia-ru-lonnoho-hazonu>
4. Лаконічна краса садової герані. *Яскрава клумба*: веб-сайт. <https://yaskravaklumba.com.ua/ua/stati-i-video/lukovichnye-i-mnogoletniki/lakonichnaia-krasota-sadovoi-gerani-vidy-sorta-i-ih-opisaniia-sovety-po-posadke-i-uhodu>
5. Клименко А. В., Дьяченко А. Д. Анализ различного применения злаковых трав. *Ботанические сады в современном мире*. 2011. №1.
6. Ерема И. А., Созинов О. В. Газоноведение. Гродно, 2015. 56 с.

7. Верещагіна П. М., Коваленко О. А., Чернова А. В. Садово-паркове господарство: метод. рекомен. Миколаїв: МНАУ, 2015. 109 с.
8. Гололобова О. О., Шаповалова О. С., Калиновський О. І., Кіреєва С. Ю. Досвід екологічної реконструкції культурних ландшафтів (огляд). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Вип. 34, с. 59-67. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-06>
9. Гололобова О. О., Дорогань В. В., Сирова А. В. Сучасні підходи до екологізації міського середовища (на прикладі Шевченківського району м. Харкова). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, Вип. 32. С. 42-57. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd\\_2019\\_32\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2019_32_6).
10. Максименко Н. В., Гололобова О. О., Щербань В. І., Погоріла М. В. Впровадження стійких рослинних компонентів в зелену інфраструктуру в контексті природоорієнтованих рішень. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Вип. 35, с. 58-71. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-06>.
11. Нефедов В. А. Ландшафтний дизайн и устойчивость среды. Санкт-Петербург, 2002. 143 с.
12. Дударець В. М., Смоляр О. В. Організація ландшафтного дизайну дендросадів і парків України. Актуальні питання культурології. Альманах наукового товариства «Афіна» кафедри культурології, м. Рівне. Випуск 8 у 2-х томах. Том 2. 2009. С. 226-231.
13. У Харкові витратять понад 20 млн гривень на однорічні квіти. *Коментарій. ua*: веб-сайт. <https://kharkov.comments.ua/ua/news/society/accidents/978-u-harkovi-vitratyat-ponad-20-mln-griven-na-odnorichni-kviti.html>
14. У Харкові в саду Шевченка створюють нові клумби. *Коментарій. ua*: веб-сайт. <https://kharkov.comments.ua/ua/news/society/developments/2023-u-sadu-shevchenka-stvoryuyut-novi-klumbi.html>
15. У Харкові приєдналися до глобальної екологічної акції. *Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету*: веб-сайт. URL: <https://www.city.kharkov.ua/ru/news/-47124.html>

---

## References to the chapter

1. European Commission. Ecosystem services and Green Infrastructure. Retrieved from [https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm)
2. Report of the Director of the Department of Public Utilities of the City Council Viktor Kitanin on the topic: "Protection of green spaces and the Forest Park of Kharkov." Retrieved from <https://www.city.kharkov.ua/ru/document/doklad-direktora-departamenta-kommunalnogo-hozyaystva-gorodskogo-soveta-viktora-kitanina-41103.html>
3. Why lay down a long lawn for a rolled lawn? Landscape design Ecosvit-Ukraine. Retrieved from <https://ecomir.in.ua/uk/hazon-ukr/ukladannia-rulonnoho-hazonu/faq-ukr/vid-choho-zalezhyt-dovholittia-rulonnoho-hazonu>
4. Laconic beauty of garden geranium. Retrieved from <https://yaskravaklumba.com.ua/ua/stati-i-video/lukovichnye-i-mnogoletniki/lakonichnaia-krasota-sadovoi-gerani-vidy-sorta-i-ih-opisaniia-sovety-po-posadke-i-uhodu>
5. Klimenko, A. V., Dyachenko, A. D. (2011). Analysis of various uses of cereal grasses. *Botanical gardens in the modern world*. 1:
6. Erema, I. A., Sozinov, O. V. (2015). *Gas science*. Grodno, 56.
7. Vereshchagina, P. M., Kovalenko, O. A., Chernova, A. V. (2015). *Landscape gardening state: method. recommended Mykolaiv: MNAU*, 109.
8. Gololobova, O. O., Shapovalova, E. S., Kalinovskiy, A. I., Kireeva, S. Yu. (2020). Ex-



- perience in ecological reconstruction of cultural landscapes. *Man and the Environment. Issues of Neoecology*, 34, 59-67. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-3>
9. Gololobova, O. O., Dorogan, V. V. Syrova, A. V. (2019). Modern approaches to greening the urban Environment (on the example of the Shevchenkovsky district, Kharkov) *Man and the Environment. Issues of Neoecology*, 32, 42–57. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-32-04>
  10. Maksymenko, N. V., Gololobova, O. O., Shcherban, V. I., & Pohorila, M. V. (2021). Introduction of sustainable plant components in green infrastructure in the context of natureoriented solutions. *Man and Environment. Issues of neoecology*. 35, 58–71. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-06>
  11. Nefedov, V. A. (2002). Landscape design and environmental sustainability. Saint Petersburg.
  12. Dudarets V. M., Smolyar O. V. (2009). Organization of landscape design of arboretums and parks of Ukraine. Current issues of cultural studies. Almanac of the Scientific Society “Athena” of the Department of Cultural Studies, Rivne. Issue 8 in 2 volumes. Volume 2. 226-231
  13. Kharkiv will spend more than 20 million hryvnias on annual flowers. <https://kharkov.comments.ua/ua/news/society/accidents/978-u-harkovi-vitratyat-ponad-20-mln-griven-na-odnorichni-kviti.html>
  14. New flowerbeds are being created in Shevchenko’s garden in Kharkiv. Retrieved from <https://kharkov.comments.ua/ua/news/society/developments/2023-u-sadu-shevchenka-stvoryuyut-novi-klumbi.html>
  15. In Kharkiv, they joined the global environmental campaign. Official website of Kharkiv City Council, Mayor, Executive Committee. Retrieved from <https://www.city.kharkov.ua/ru/news/-47124.html>

### **3.4. CARBON CAPACITY OF URBAN ECOSYSTEMS AS AN OPPORTUNITY TO MITIGATE CLIMATE CHANGE (ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF OPPORTUNITIES)**

---

### **3.4. ВУГЛЕЦЕВА ЄМНІСТЬ УРБОЕКОСИСТЕМ ЯК МОЖЛИВІСТЬ ПОМ'ЯКШЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН (МОЖЛИВОСТІ ОЦІНКИ ТА УПРАВЛІННЯ)**

**SHPAKIVSKA Iryna**

PhD, Senior Scientist, Head of the Department  
of Ecosystemology, Institute of Ecology of the Carpathians,  
National Academy of Sciences of Ukraine, 4, Kozelnytska,  
Lviv, Ukraine  
ishpakivska@ukr.net  
orcid id 0000-0002-5152-6083

**Abstract.** The carbon capacity of the territory is its potential ability to bind and retain atmospheric CO<sub>2</sub> for a long time in various components of the terrestrial ecosystems: living phytomass, dead wood, soil. For urban ecosystems, carbon capacity is an important component of ecosystem services, both for the comfort of residents' living (mitigation of the microclimate, ensuring the purity of the atmospheric air, the aesthetics of the urban space) and for the absorption of CO<sub>2</sub> emissions from motor vehicles and industrial enterprises. The current carbon capacity of the urban ecosystem of Ivano-Frankivsk



(Ukraine) was estimated, taking into account the number and condition of green spaces. It was found that all types of green spaces accumulate 360 000 tons of carbon, the main pools of which are concentrated in the soil (227300 tons) and phytomass of trees (125400 tons). The annual sequestration of atmospheric carbon by green vegetation is 5100 tons of carbon, which is not enough to bind the emissions of motor vehicles only (8400 tons of CO<sub>2</sub>/year).

**Key words:** urban ecosystems, Carbon, green areas.

**ШПАКІВСЬКА Ірина Миронівна** – ст. наук.сп, канд.біол.наук, завідувач відділу екосистемології, Інститут екології Карпат НАН України, м. Львів, Україна [ishpakivska@ukr.net](mailto:ishpakivska@ukr.net)  
ORCID ID 0000-0002-5152-6083

**Анотація.** Вуглецева ємність території – це її потенційна здатність до зв'язування та утримування атмосферного CO<sub>2</sub> на тривалий час в різних компонентах наземних екосистем: живій фітомасі, мертвій деревині, ґрунті. Для урбоекосистем вуглецева ємність є важливим компонентом екосистемних послуг як щодо комфортності проживання мешканців (пом'якшення мікроклімату, забезпечення чистоти атмосферного повітря, естетичність міського простору), так і для поглинання CO<sub>2</sub> викидів автотранспорту та промислових підприємств. Було оцінено актуальну вуглецеву ємність урбоекосистеми м. Івано-Франківська (Україна) з врахуванням кількості та стану зелених насаджень. Виявлено, що усі типи зелених насаджень акумулюють 360 тис. т Карбону, основні пули яких зосереджені в ґрунті (227.3 тис. т) та фітомасі дерев (125,4 тис. т). Річна секвестрація атмосферного Карбону зеленими насадженнями становить 5,1 тис. т Карбону, чого є недостатньо для зв'язування викидів лише автотранспорту (8,4 тис. т CO<sub>2</sub> /рік).

**Ключові слова:** урбоекосистеми, Карбон, зелені насадження.

---

В Україні, як і за її межами, метеорологічні спостереження демонструють тенденцію до потепління: протягом наступного століття прогнозується значне підвищення температури і зменшення опадів в літні місяці, що викличе збільшення посушливих та спекотних явищ [10, 3, 8].

Наслідки потепління будуть більш гостро відчуватись у містах через обмежену вентиляцію повітря, збільшення площ теплопоглинаючих конструкцій (будинки, асфальтове покриття), а також внаслідок зменшення площ зелених насаджень. Це створює небезпеку для здоров'я та життя мешканців міст. Аномальні температури спричиняють навантаження на серцево-судинну систему, дихальні шляхи і сприяють розвитку інфекцій. **Глобальна поверхнева температура, Со (січень-червень) 7 них захворювань.** За даними ВООЗ, щорічно в Україні кількість смертей, пов'язаних із впливом навколишнього середовища та екологічних факторів, яким можна запобігти, становить 155 тис., або 19 % від показника загальної смертності. Зміни клімату, зокрема зміни температурних показників у містах, проявляються у вигляді хвиль тепла

(у часовому масштабі) та островів тепла (у просторовому масштабі). Згідно з визначенням Всесвітньої метеорологічної організації, хвиля тепла (ХТ) – це період, протягом якого максимальна добова температура повітря понад 5 послідовних днів перевищує середню максимальну температуру повітря цього дня за період 1961–1990 рр. на 5°C. Міський острів тепла (Urban Heat Island (UHI) – англ.) – температурна аномалія над центральною частиною міста, що характеризується підвищеною порівняно з периферією температурою повітря [11].

Площа зелених насаджень у Європі становить 20 м<sup>2</sup> на 1 особу [7]. Залежності комфорту та безпеки мешканців великих міст від планування зелених зон як елементу адаптації до зміни клімату і аномально високих температур влітку ще з 70-х років минулого сторіччя цікавлять науковців.

Окрім того, якість повітря у містах тісно пов'язана з його забрудненням промисловими викидами та, особливо, викидами автотранспорту, левову частку яких становлять сполуки Карбону. З огляду на це, однією з найважливіших можливостей адаптації міст до змін клімату є кількість та стан зелених насаджень, які формують його вуглецеву ємність.

Вуглецева ємність території – це її потенційна здатність до зв'язування та утримування атмосферного CO<sub>2</sub> на тривалий час в різних компонентах урбоекосистем, але передовсім у живій фітомасі зелених зон. Ця здатність детермінована комплексом абіотичних та біотичних факторів, може бути оцінена та регульована для потреб пом'якшення глобальних змін клімату в урбоекосистемах.

Окрім того, вуглецева ємність є важливою екосистемною послугою як на локальному, так і на регіональному рівнях, оскільки може бути достатньо точно розрахована та використана для ідеї «вуглецевих кредитів» – компенсації понаднормових викидів CO<sub>2</sub> за рахунок його секвестрування.

Для урбоекосистем вуглецева ємність є важливим компонентом екосистемних послуг як щодо комфортності проживання мешканців (пом'якшення мікроклімату, забезпечення чистоти атмосферного повітря, естетичність міського простору), так і для поглинання CO<sub>2</sub> викидів автотранспорту та промислових підприємств. Вуглецева ємність буферної зони урбоекосистем (лісопарки, зелені насадження охоронних зон міст) забезпечує водотрансформаційну та водорегуляційну роль зелених насаджень, пом'якшує наслідки зливових дощів. Дослідження екосистемних послуг парку «Голосіївський» м. Києва показало, що очищення повітря, яке зараз здійснюється за рахунок дерев парку, інакше коштувало б місту близько 480 мільйонів гривень на рік, формування мікроклімату – 3,8 мільярди (цит за <https://www.facebook.com/epl.org.ua/posts/1782862048401904/>).



Оцінити екосистемну послугу деponування Карбону зелених насаджень міст найбільш доцільно за методикою оцінювання компонентів фітомаси в динаміці [5], зокрема оцінювання фітомаси стовбурів і пасинків (гілок з діаметром більше 8 см) об'ємним методом і визначення фітомаси дрібних гілок і листя – ваговим. Додатково потрібна характеристика основних таксаційних показників сухостійних дерев дуба звичайного та супутніх видів (клен, липа, в'яз, граб) – діаметр, висота, клас сухоостою та дослідження деponованого Карбону в мортмасі лісових екосистем.

Метою досліджень була оцінка вуглецевої ємності м. Івано-Франківська як одного з найбільш «зелених» міст України, а також її здатності компенсувати антропогенні викиди.

Площа міста Івано-Франківськ становить 3648 га. Забудована територія становить 75 % від загальної площі міста. У межах міста площа зелених насаджень становить 1236 га, з них загального користування – 345 га. На одного жителя міста припадає 52 кв.м зелених насаджень, в тому числі загального користування – 14,5 м<sup>2</sup>.

Зелені зони в межах міста розташовані дуже нерівномірно. Їх площа в центральній частині становить 545 га (рис.1).

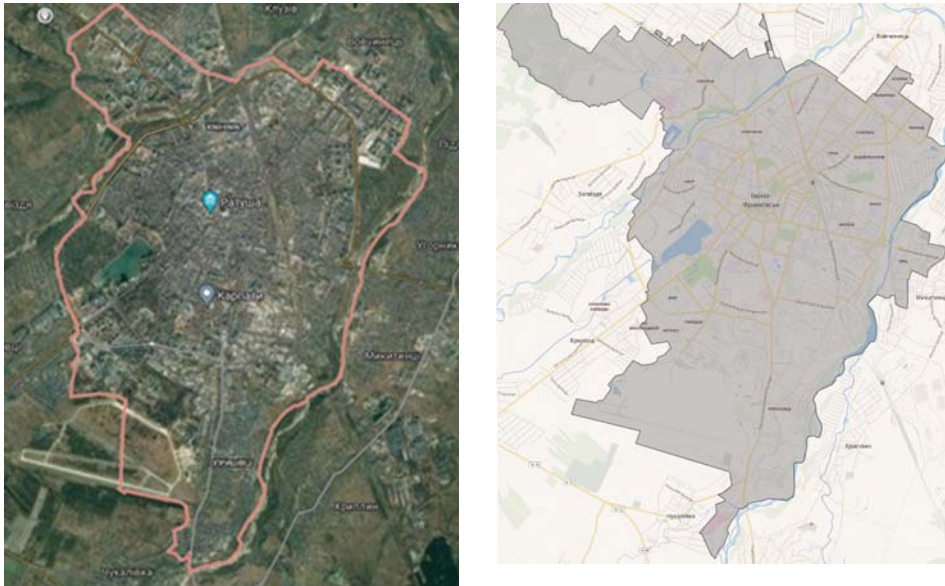


Рис.1. Локалізація зелених зон у м. Івано-Франківську  
Джерело: <https://www.google.com/maps/place>

Fig.1. Green area locations in Ivano-Frankivsk  
Source: <https://www.google.com/maps/place>

Саме в центральній частині міста розміщений Міський парк культури і відпочинку ім. Т.Г. Шевченка, який є пам'яткою садово-паркового мистецтва, закладений в 1895 р. на основі ділянки природного дубово-грабового лісу. В парку нараховується понад шість тисяч дерев і понад дві тисячі чагарників.

Загалом в зелених насадженнях міста Івано-Франківська виявлено 113 видів і форм деревно-кущових рослин, які відносяться до 61 роду та 29 родин (рис.2) [2].

Розподіл за життєвими формами є таким: дерев – 56 % (64 види), кущів – 40 % (44 види), ліан – 4 % (5 видів).

Проте загальний та санітарний стан зелених насаджень міста не є задовільним. Працівниками Проектно-конструкторського технологічного інституту (ПКТІ) Мінпромполітики України в м. Івано-Франківську проводилися дослідження з метою вивчення стану зелених насаджень міста. Із усіх обстежених 14828 дерев (100 %) до першої категорії віднесено 6967 екземплярів, або 47 %, до другої – 5988 екземплярів (40 %) і до третьої – 1873 екземпляри (13 %). Тобто 53 % всіх обстежених дерев певною мірою пошкоджені і не відповідають ландшафтно-естетичним вимогам, що значно зменшує потенційну вуглецеву ємність зелених насаджень через пошкодження крон, часткову дехромацію та дефоліацію.

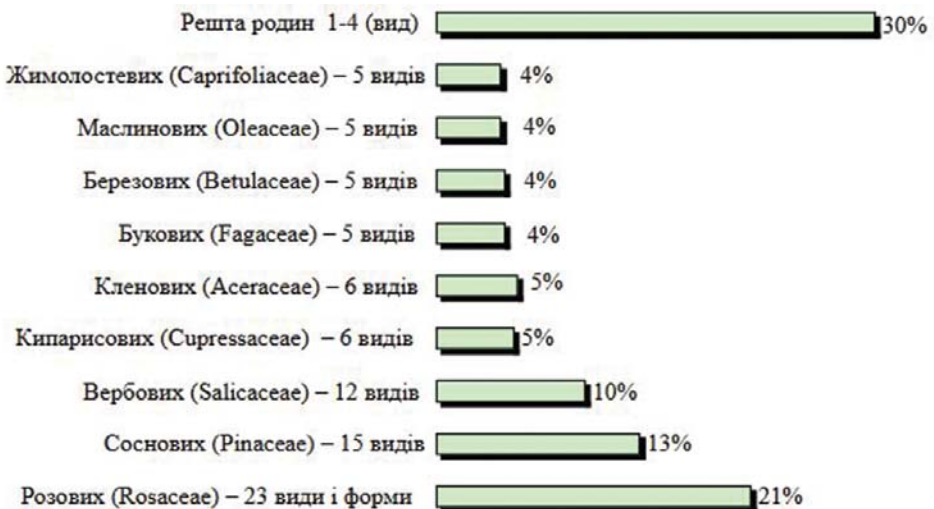


Рис. 2. Видовий склад зелених насаджень

Fig. 2. Composition of green vegetation species



На підставі статистичних даних було оцінено актуальну вуглецеву ємність з врахуванням частки пошкоджених дерев та потенційну секвестраційну здатність сполук Карбону впродовж одного року (табл.1, 2).

Зважаючи на те, що викиди автотранспорту в м. Івано-Франківську становлять 96 % усіх викидів в атмосферне повітря, сумарно за рік це 8,37 т CO<sub>2</sub>, то варто зауважити, що місто потребує збільшення площ зелених насаджень та реконструкції уже існуючих.

Таблиця 1

Актуальна вуглецева ємність зелених насаджень  
м. Івано-Франківська

| Компоненти урбоекосистеми                      | Запас С, тис. т |
|--|-----------------|
| Жива фітомаса (деревні насадження)             | 125,4           |
| Жива фітомаса (живоплоти, трав'яні насадження) | 4,8             |
| Відмерла фітомаса (мертва деревина, підстилка) | 1,7             |
| Ґрунти під зеленими насадженнями (шар 0-50 см) | 227,7           |
| <b>Разом</b>                                   | <b>360,0</b>    |

Таблиця 2

Потенційна секвестрація Карбону зеленими насадженням м. Івано-  
Франківська за рік

| Компоненти                                     | Акумуляція С, тис. т |
|--|----------------------|
| Жива фітомаса (деревні насадження)             | 4,70                 |
| Жива фітомаса (живоплоти, трав'яні насадження) | 0,40                 |
| <b>Разом</b>                                   | <b>5,10</b>          |

Окрім того, одним із важливих елементів адаптації до змін клімату у містах є збільшення зелених насаджень, які затінюють темні теплопоглинаючі поверхні (землю, асфальтові покриття), перешкоджаючи їхньому перегріванню. Крім того, вони створюють специфічний мікроклімат, регулюючи температурний режим, зменшуючи кількість пилу у повітрі, утримуючи атмосферну вологу, поглинаючи вуглекислий газ в процесі життєдіяльності [9, 12]. Оскільки вітчизняними науковцями [6] виявлено невинувато бідний асортимент деревних рослин в зелених насадженнях міст, особливо в озелененні вулиць і автомагістралей, а також з'ясовано, що наявними нині у колекціях ботанічних садів і дендропарків України деревними рослинами можна істотно збагатити таксономічний склад насаджень, необхідно збільшувати різноманіття видів, що висаджують в містах.

Газометричні та тепловізійні дослідження виявили переваги та недоліки окремих видів дерев [4].

Найбільш стійкими (толерантними) до впливу високих температур виявилися тополя, гірकोкаштан і акація. Але через пірамідальну форму тополя не забезпечує достатнього затінення і охолодження поверхні.

Враховуючи структуру і форму крони акації, можна зробити висновок, що цей вид буде забезпечувати затінення гірше, ніж гірकोкаштан. Достатнє затінення забезпечує також клен, проте він виявився вразливим до теплового стресу.

З огляду на це, найбільш ефективним видом для зниження температури можна вважати гірकोкаштан. Він активно поглинає вуглекислий газ і виділяє воду протягом літньої спеки, створюючи потужне затінення. Для досягнення рівномірного охолодження території проєктивне покриття має складати 70 %, що відповідає 1 дереву на 15 метрів за діаметра крони 8–12 м.

За літньої спеки дерева мають нижчу температуру поверхні в порівнянні з газонами, тому при виборі типу озеленення перевагу слід надавати деревним насадженням.

Під час озеленення прибудинкової смуги доцільно передбачати можливість вертикального озеленення стін південної та південно-східної орієнтації [1].

---

### Список використаних джерел до розділу

1. Артамонов Б. Б. Аналіз впливу мікрокліматичних зон на процеси кліматоутворення у містах в умовах глобальної зміни клімату. *Науковий вісник НЛТУ України*. Вип. 23, 13 с. 133–137. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnl-tu\\_2013\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnl-tu_2013_23)
2. Гайдукевич М. Є., Лисенко М. О. Дендрофлора міського парку ім. Т. Шевченка в місті Івано-Франківську. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства»* (1-2 червня 2017 року). Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2017. С. 86-87.
3. Горный В. И., Лялько В. И., Крицук С. Г., Латышов И. Ш., Тронин А. А., Филиппович В. Е., Станкевич С. А., Бровкина О. В., Киселев А. В., Давида Т. А., Лубский Н. С., Крылова А. Б. Прогноз тепловой реакции городской среды Санкт-Петербурга и Киева на изменение климата (по материалам съемок спутниками EOS и Landsat). *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016. Т. 13. № 2. С. 176–191. [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/sb2016t2/176-191.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2016t2/176-191.pdf), DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-2-176-191
4. Казанцев Т., Халаїм О., Василюк О., Філіпович В., Крилова Г. Адаптація міст до змін клімату: зелені зони міст на варті прохолоди. Київ. 40 с.
5. Лакида П. І. Фітомаса лісів України : монографія. Тернопіль : Збруч, 2002. 256 с.

6. Левон Ф. М. Біолого-екологічні основи створення зелених насаджень в умовах урбогенного і техногенного середовища: автореф. дис. наук. ступеня д-ра с.-г. наук. Львів, 2004. 18 с.
7. Леснік О. М., Гірс А. Аналіз забезпечення населення міста Києва зеленими насадженнями. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. Вип. 216, 2015, с. 15–21 [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnaul\\_2015\\_216\(1\)\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnaul_2015_216(1)_4)
8. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І., Ваколюк М., Ільях О., Рожкова А. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. *Кліматичний форум східного партнерства, Робоча група громадських організацій зі зміни клімату*. [http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2014/07/ukraine\\_cc\\_vulnerability.pdf](http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2014/07/ukraine_cc_vulnerability.pdf)
9. Bowler D.E., Buyung-Ali L., Knight T. M. and Pullin A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 97, p. 147–155. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>.
10. Jylha K., Fronzek S., Tuomenvirta H., Carter T. R., Ruosteenoja K. Changes in frost, snow and Baltic sea ice by the end of the twentyfirst century based on climate model projections for Europe. *Climatic Change*, 2008, Vol. 86, p. 441–462. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-007-9310-z>
11. Luke Howard, The climate of London, deduced from Meteorological observations, made at different places in the neighbourhood of the metropolis, 2 vol., London, 1818-20 12
12. Qiu G., Li H., Zhang Q., Chen W., Liang X., Li X. Effects of Evapotranspiration on Mitigation of Urban Temperature by Vegetation and Urban Agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 2013, Vol. 12, p. 1307–1315. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60543-2](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60543-2)

---

## References to the chapter

1. Artamonov, B. B. (2013). Analysis of the influence of microclimatic zones on the processes of climate formation in cities under conditions of global climate change. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 23, 13 133–137. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlut\\_2013\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlut_2013_23)
2. Haydukevich, M. E., Lysenko, M. O. (2017). Dendroflora of the city park named after T. Shevchenko in the city of Ivano-Frankivsk. *Materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference «Perspectives for the development of forestry and horticulture»* (June 1-2, 2017). Uman: Sochinsky M. M. Publisher.
3. Gorny, V. Y., Lyalko, V. Y., Krytsuk, S. G., Latypov, I. Sh., Tronin, A. A., Filippovich, V.E., Stankevich, S. A., Brovkina, O. V., Kiselev, A. V., Davyda, T. A., Lubsky, N. S., Krylova, A.B. (2016). Forecast of the thermal response of urban areas of St. Petersburg and Kyiv to climate change (based on EOS and Landsat satellite surveys). *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 13, 2. 176–191 DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-2-176-191
4. Kazantsev, T., Halaim, O., Vasylyuk, O., Filipovych, V., Krylova G. (2016). Adaptation of cities to climate change: green zones of cities are worth the coolness. Kyiv.
5. Lakyda, P. I. (2002). *Phytomasa of the forests of Ukraine*: monograph. Ternopil: Zbruch.
6. Levon, F. M. (2004). Biological and ecological foundations of the creation of green spaces in the conditions of urbogenic and technogenic environment. *Dissertation abstract for obtaining the scientific degree of Doctor of Agricultural Sciences*, Lviv.
7. Lesnik, O. M., Girs, A. (2015). Analysis of providing the population of Kyiv with green spaces. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and*



- Natural Resources of Ukraine. Series: Forestry and decorative horticulture*, 216, 15–21 [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2015\\_216\(1\)\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2015_216(1)_4)
8. Shevchenko, O., Vlasyuk, O., Stavchuk, I., Vakolyuk, M., Ilyash, O., Rozhkova, A. (2014). *Climate change vulnerability assessment: Ukraine. Climate Forum of the Eastern Partnership, Working Group of Public Organizations on Climate Change.* [http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2014/07/ukraine\\_cc\\_vulnerability.pdf](http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2014/07/ukraine_cc_vulnerability.pdf)
  9. Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., and Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning* 97, 147–155. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>.
  10. Jylha, K., Fronzek, S., Tuomenvirta, H., Carter, T.R., and Ruosteenoja, K. (2008). Changes in frost, snow and Baltic sea ice by the end of the twenty-first century based on climate model projections for Europe. *Climatic Change*, 86, 441–462. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-007-9310-z>
  11. Luke Howard, *The climate of London, deduced from Meteorological observations, made at different places in the neighborhood of the metropolis*, London, 2, 1818-2012
  12. Qiu, G., Li, H., Zhang, Q., Chen, W., Liang, X., and Li, X. (2013). Effects of Evapotranspiration on Mitigation of Urban Temperature by Vegetation and Urban Agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 12, 1307–1315. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60543-2](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60543-2)

### **3.5. ADAPTATION OF THE INTEGRAL INDICATOR OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF WATER IN THE CONDITIONS OF THE FUNCTIONING OF THE CITY'S GBI**

---

### **3.5. АДАПТАЦІЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДИ В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗБІ МІСТА**

#### **Alla NEKOS**

Professor, Doctor of Science, Head of Department,  
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine  
nekos@karazin.ua  
orcid.org/0000-0003-1852-0234

#### **Vitalii BEZSONNYI**

Assistant Professor, PhD, Assistant Professor  
of Department, V. N. Karazin Kharkiv National University,  
Kharkiv, Ukraine  
orcid.org/0000-0001-8089-7724

**Abstract.** Green and Blue infrastructure is a component of modern urban infrastructure. Its management is complex and requires not only solving the problems of water supply and drainage, but also controlling the quality of these waters. When operating “Green and Blue” infrastructure facilities, the issue of operational monitoring of

the components of the environment that make up this infrastructure is currently relevant. Therefore, it is expedient to substantiate the integral indicators of the ecological state of water bodies in order to increase the ecological safety of surface water supply sources. The work shows that oxygen indicators play an important role in determining the water quality of a water body. Associated with them is the assimilative capacity of water, that is, the ability of water to decompose organic matter. Analyzing the seasonal dynamics of indicators of biochemical oxygen consumption and the combinatorial index of water pollution and the relationship between these values, it should be noted that the indicator of biochemical oxygen consumption plays a decisive role in the formation of the water quality index below the source of pollution, which is confirmed by correlation coefficients. Directly at the place of discharge of wastewater, if the concentration of pollutants exceeds the MPC values, the formation of the index takes place to varying degrees precisely at the expense of these substances. Therefore, the content of dissolved oxygen and biochemical oxygen consumption in water is of great interest not only from the point of view of the functioning of aquatic ecosystems, but also as an integral indicator of the ecological state of the aquatic environment. The relationship that exists between the value of the combinatorial index of water pollution and the value of biochemical oxygen consumption makes the indicator of biochemical oxygen consumption important for the integral assessment of water pollution by various organic substances. Therefore, as an integral indicator for characterizing the ecological state of water in a water body and conducting operational monitoring, it is suggested to choose indicators of oxygen characteristics.

**Key words:** Green and Blue infrastructure, integrated indicator of water quality, surface water monitoring, biochemical oxygen consumption, combinatorial index of water pollution.

**Некос Алла Наумівна** – професор, доктор географічних наук, завідувачка кафедри, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, пл. Свободи, 6, nekos@karazin.ua, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>

**Безсонний Віталій Леонідович** – доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, пл. Свободи, 6, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>

**Анотація.** Зелено-блакитна інфраструктура відноситься до складової сучасної міської інфраструктури. Управління нею є складним і вимагає не тільки вирішення проблем поверхневих вод, водопостачання та водовідведення, а й контролю за якістю цих вод. При експлуатації об'єктів «зелено-блакитної» інфраструктури питання оперативного моніторингу складових середовища, що формують цю інфраструктуру, на сьогодні є актуальним. Тому є доцільним обґрунтування інтегральних показників екологічного стану водних об'єктів для підвищення екологічної безпеки поверхневих джерел водопостачання. В роботі показано, що кисневі показники відіграють важливу роль у визначенні якості води водного об'єкта. З ними пов'язана асимілююча здатність вод, тобто здатність вод до розкладання органічної речовини. Аналізуючи сезонну динаміку показників біохімічного споживання кисню та комбінаторного індексу забруднення води і зв'язок цих величин між собою, слід зазначити, що вирішальне значення на формування індексу якості води нижче джерела забруднення відіграє саме показник біохімічного споживання кисню, що і підтверджується коефіцієнтами кореляції. Безпосередньо у



місці скиду стічних вод, за умови перевищення концентрації забруднюючих речовин значень ГДК, формування індексу відбувається у різному ступені саме за рахунок цих речовин. Тому вміст розчиненого кисню та біохімічного споживання кисню у воді становить значний інтерес не тільки з погляду функціонування акваеко систем, але і як інтегральний показник екологічного стану водного середовища. Зв'язок, що існує між величиною комбінаторного індексу забрудненості води і величиною біохімічного споживання кисню, робить показник біохімічного споживання кисню важливим для інтегральної оцінки забруднення вод різними органічними речовинами. Тому в якості інтегрального показника для характеристики екологічного стану води у водному об'єкті та проведення оперативного моніторингу пропонується обрати показники кисневої характеристики.

**Ключові слова:** зелено-блакитна інфраструктура, інтегральний показник якості води, моніторинг поверхневих вод, біохімічне споживання кисню, комбінаторний індекс забруднення води.

---

Історично людина будувала своє житло біля водних об'єктів, використовуючи їх для життєзабезпечення. Близькість і доступ до води були ключовими факторами в людських поселеннях завжди. Вода разом з навколишнім простором створювала потенціал ще і для транспортування, торгівлі, а з часом - для відпочинку, туризму та виробництва електроенергії. Поселення розросталися, з'являлися нові міські штучні водні об'єкти, які забезпечували вже водопостачання до домівок, і таким чином розвивалася водна інфраструктура міста. Поряд з цим треба було створювати системи водовідведення, які і стали основним джерелом забруднення поверхневих вод. Люди почали замислюватися над цією проблемою вже здавна, бо зрозуміли, що хвороби і епідемії можуть виникати внаслідок використання забруднених вод. Ця проблема стоїть і перед сучасною людиною та сучасними містами, в яких вона проживає. Природні у межах міста річки, струмки, ставки та озера можуть існувати як природні об'єкти в містах або додаватися до міської інфраструктури як аспект його комфортного відеоекологічного середовища та об'єкти рекреації.

Поняття «блакитна інфраструктура» з'явилося відносно недавно, воно пов'язане з водою і віднесено до складової сучасної міської інфраструктури. Поняття «блакитна інфраструктура» зазвичай асоціюється з поняттям «зелена інфраструктура» у міських умовах і може у поєднанні називатися «зелено-блакитною» інфраструктурою. Безумовно, вони на пряму пов'язані одне з одним. На початку ці поняття були визначені для проєктів, мета яких – поліпшення міського мікроклімату шляхом створення зелених зон та нормального функціонування міських водних об'єктів. При експлуатації об'єктів «зелено-блакитної» інфраструктури питання оперативного моніторингу складових середовища, що формують цю інфраструктуру, на сьогодні є актуальним.

У 2010 році Організація Об'єднаних Націй заявила, що доступ до чистої води та санітарії є правом людини. Належне управління міськими водами є складним і вимагає не тільки інфраструктури водопостачання та водовідведення, а й контролю за забрудненням. Це вимагає координації між багатьма секторами, а також між різними рівнями органів влади та змін в управлінні, які призведуть до більш сталого та оптимального використання міських водних ресурсів.

Для великих міст є ще одна характерна проблема, яка полягає у незадовільному облаштуванні місць користування джерельною водою [1], яку містяни використовують у більшості випадків як основне джерело питних вод.

Річка Сіверський Донець є найбільшою водною артерією та найважливішим джерелом прісної води сходу України. Басейн річки розташований на територіях Харківської, Донецької та Луганської областей України і являє собою урбанізований регіон з високим рівнем розвитку промисловості та сільського господарства. Саме малі притоки Сів. Дінця, такі як Уди, Берека, Оскол та інші, є складовою водної інфраструктури багатьох міст Слобожанщини. Структура водокористування, що склалася у басейні р. Сіверський Донець, представлена усіма видами водокористування, в тому числі з великим обсягом споживання води та екологічно небезпечними виробництвами, що обумовлює значний антропогенний пресинг і створює значні екологічні проблеми для водних об'єктів всього регіону.

На теперішній час в Україні та в інших країнах світу розроблена досить велика кількість критеріїв інтегральної оцінки екологічного стану водних об'єктів. Для визначення комплексної оцінки за результатами моніторингу вважається доцільним використання інтегральних показників. Деякі класифікації базуються на оцінці бактеріологічних та фізико-хімічних показників, в основу інших покладена гідробіологічна оцінка забрудненості вод [2]. Кожен із критеріїв дає змогу отримувати важливу інформацію, а при їх комплексному застосуванні – оцінювати екологічну якість водного середовища.

Інтегральна оцінка показників екологічної безпеки поверхневих вод за хімічними показниками вважається досить трудомістким завданням, оскільки воно базується на порівнянні середніх концентрацій, які спостерігаються в пунктах контролю якості вод, з встановленими нормами гранично допустимих концентрацій (ГДК) для кожної речовини. Більшість із запропонованих сьогодні інтегральних показників отримано шляхом об'єднання та узагальнення численних комплексних показників у один інтегруючий, який дає змогу характеризувати якість води у водних об'єктах як з санітарно-гігієнічних, так і з екологічних аспектів.

Нині існує ряд спроб характеризувати ступінь забрудненості води за допомогою одного узагальненого показника (індексу забрудненості  $I_3$ ), який дорівнює середньому арифметичному відношенню [3]:

$$I_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (1)$$

для речовин зі значенням  $C_i/ГДК_i > 1$ ,

де  $C_i$  – фактична концентрація  $i$ -го хімічного показника, мг/м<sup>3</sup>;

$ГДК_i$  – гранично допустима концентрація  $i$ -го хімічного компонента, мг/м<sup>3</sup>;

$n$  – кількість речовин.

Головна небезпека полягає у прояві синергізму, коли присутність однієї речовини посилює токсичність іншої або коли дві токсичні речовини створюють сполуку, токсичність якої значно вища, ніж початкові (наприклад, сполуки іонів важких металів і деяких органічних кислот). У [4] пропонується визначати комплексний екологічний індекс стану річкових екосистем  $I$  в залежності від значення різних параметрів яких, наприклад:

$$I = \sum_{i=1}^n \frac{C_{i\text{факт}}/C_{i\text{норм}}}{n}, \quad (2)$$

де  $C_{i\text{факт}}$  – фактична концентрація  $i$ -го гідрохімічного або трофосапробіологічного фактора, мг/м<sup>3</sup>;

$C_{i\text{норм}}$  – нормативна концентрація  $i$ -го гідрохімічного фактора, мг/м<sup>3</sup>.

Крім того, оцінку якісного стану природних вод проводять за комплексними показниками: індексом забрудненості вод (ІЗВ) [5] та коефіцієнтом забрудненості (КЗ) [6]. Порівняння цих двох комплексних показників щодо ранжирування створів показало перевагу КЗ. Для використання в системі Мінекоресурсів затверджено методику розрахунку КЗ природних вод. КЗ є узагальненим показником, що характеризує рівень забрудненості сукупно за низкою показників якості вод, які багаторазово виміряно у кількох пунктах (створах) спостережень водних об'єктів. Крім того використовується екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Вона дозволяє провести порівняльну оцінку екологічного стану поверхневих вод різних водних об'єктів (незалежно від вмісту різних забруднюючих речовин), виявити динаміку і тенденцію її якості за роками, спростити і значно поліпшити форму представлення інформації, в тому числі у вигляді сучасних цифрових мап.

Проблема вибору показників, що використовуються для оцінки екологічного стану поверхневих вод, докладно викладена в [7]. Так, автори пропонують шляхи екологічної оцінки і об'єднують їх у три групи:

- використання всіх показників, для яких встановлені ГДК;
- застосування невеликого числа нормованих показників;
- облік деяких нормованих показників, а також сполук, які характеризують процеси, що впливають на якість води.

Реалізація показників першої групи була б кращим варіантом, але практично не здійсненна.

Пропозиції щодо використання другої групи знайшли відбиття в наукових дослідженнях та нормативних документах. У цілому коло обов'язкових показників обмежується від десяти до двадцяти п'яти.

Застосування показників третьої групи базуються не тільки на необхідності оцінки, але й на необхідності прогнозування зміни екологічного стану поверхневих вод. При цьому до уваги приймаються такі показники, зміна концентрації яких у силу фізичних, хімічних і біологічних причин автоматично впливає на значення інших показників.

Комбінаторний індекс забрудненості води (*КІЗВ*), що обраховується згідно з [8] та рекомендований в даний час до використання [9], буде розглянуто нижче більш докладно. Цей індекс дозволяє отримати інтегральну оцінку екологічного стану поверхневих вод, ґрунтуючись на кратності перевищень ГДК окремих речовин. Практика та регулярна діяльність, пов'язані з моніторингом поверхневих вод, вказує на необхідність мінімізації різноманітних ресурсів для отримання інтегральної оцінки екологічної безпеки водного об'єкта. Тому виникає необхідність вибору декількох показників, які б давали інтегральну оцінку екологічного стану водного об'єкта в цілому, без необхідності проведення чисельних коштовних досліджень і аналізів.

Тому метою цієї роботи є обґрунтування вибору в якості інтегрального показника екологічної безпеки вод міської «блакитної інфраструктури» біохімічного споживання кисню. Для цього необхідно охарактеризувати екологічний стан досліджуваної ділянки за допомогою комбінаторного індексу забрудненості води (*КІЗВ*) та встановити зв'язок між цим індексом та біохімічним споживанням кисню.

Визначальними були матеріали польових та лабораторних досліджень (2017 – 2020 рр.) за екологічним станом міських поверхневих вод, тобто «блакитної інфраструктури» міста Ізюм Харківської області. Було обрано три точки спостережень: точка 1 – місце скиду



у р. Сіверський Донець стічних вод з очисних споруд Ізюмського комунально-виробничого водопровідно-каналізаційного підприємства (КВ ВКП); точка 2 – 1000 м вище місця скиду та точка 3 – 500 м нижче місця скиду. Відповідні дані наведені в таблиці 1. Робота виконувалася у два етапи. На першому етапі було визначено комбінаторний індекс забрудненості води та досліджено його динаміку, на наступному етапі було встановлено кореляційний зв'язок між *КІЗВ* та біохімічним споживанням кисню (БПК).

Методи інтегральної оцінки забруднення поверхневих вод, що існують на сьогодні, принципово розділяються на дві групи: до першої відносять методи, що дозволяють оцінювати якість води за сукупністю гідрохімічних, гідрофізичних, гідробіологічних, мікробіологічних показників; до другої – методи, пов'язані з розрахунком комплексних індексів забрудненості води.

До найбільш поширених відноситься *КІЗВ*, що обраховується згідно з [8] та рекомендований в даний час до використання [9], який дозволяє отримати інтегральну оцінку екологічного стану поверхневих вод, ґрунтуючись на кратності перевищень ГДК окремих політантів.

Таблиця 1

Показники середньорічних значень екологічного стану води р. Сів.  
Донець у межах м. Ізюм

| Параметр                              | (точка 1) | 1000 м (точка 2) | 500 м (точка 3) |
|---------------------------------------|-----------|------------------|-----------------|
| Амоній сольовий, мг/дм <sup>3</sup>   | 0,369     | 0,164            | 0,183           |
| БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup> | 9,886     | 3,880            | 3,872           |
| Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>   | 0,300     | 0,085            | 0,085           |
| Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>           | 34,902    | 7,660            | 7,313           |
| Нітриди, мг/дм <sup>3</sup>           | 0,123     | 0,068            | 0,073           |
| Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>          | 107,199   | 130,104          | 125,646         |
| Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>     | 479,800   | 583,273          | 548,016         |
| Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>           | 6,899     | 1,626            | 1,731           |
| Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>           | 107,254   | 80,109           | 81,292          |
| ХПК, мг/дм <sup>3</sup>               | 25,413    | 11,512           | 12,895          |
| Розчинений кисень, мг/дм <sup>3</sup> |           | 11,881           | 11,569          |
| Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>  | 9,991     | 19,427           | 16,735          |

*КІЗВ* оцінює ступінь забрудненості за комплексом поллютантів. Він може бути отриманий для будь-якої ділянки або для водного об'єкта в цілому, створу або пункту спостереження за станом поверхневих вод. Репрезентативність та інформативність індексу за наявності достатнього обсягу інформації висока [10]. Перед початком статистичної обробки даних встановлюється період узагальнення інформації, що залежить від цілей оцінки та достатності обсягу вихідних даних. *КІЗВ* може бути розрахований для будь-якого періоду часу: доби, декади, місяця, кварталу, півріччя, року, багаторічного періоду за наявності достатньої вибірки числа проб води.

Розрахунок значення комбінаторного індексу забрудненості та відносна оцінка екологічного стану поверхневих вод проводиться у два етапи: спочатку за кожною окремою досліджуваною речовиною і показником екологічного стану поверхневих вод, потім розглядався одночасно весь комплекс забруднюючих речовин та виводилася результуюча оцінка [8].

За кожною речовиною за розрахунковий період часу для обраного об'єкта дослідження визначаються наступні характеристики:

♦ повторюваність випадків забрудненості  $\alpha_{ij}$ , тобто частота виявлення концентрацій поллютантів, що перевищують ГДК [8]:

$$\alpha_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де  $n'_{ij}$  – кількість результатів хімічного аналізу за  $i$ -ю речовиною в  $j$ -му створі за період часу, що розглядається, в яких їх вміст чи значення перевищують відповідні ГДК;

$n_{ij}$  – загальна кількість результатів хімічного аналізу за період часу, що розглядається, за  $i$ -ю речовиною в  $j$ -му створі.

За значеннями повторюваності визначають характер забруднення води за стійкістю забруднення у відповідності до табл. 2.

♦ Середнє значення кратності перевищення концентрацій забруднювачів відносно ГДК  $\beta'_{ij}$ , розраховане тільки за результатами аналізу проб води, де таке перевищення спостерігається. Результати аналізу зразків води, у яких концентрація забруднюючої речовини була нижчою за ГДК, до розрахунку не включалися. Розрахунок здійснювався за формулою [8]:

$$\bar{\beta}'_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^n \beta_{ifj}}{n'_{ij}}, \quad (4)$$

де  $\beta_{ifj} = C_{ifj}/ГДК_i$  – кратність перевищення ГДК за  $i$ -ю речовиною в  $f$ -му результаті хімічного аналізу для  $j$ -го створу;

$C_{ifj}$  – концентрація  $i$ -ї речовини в  $f$ -му результаті хімічного аналізу для  $j$ -го створу, мг/дм<sup>3</sup>.

Визначення кратності порушення нормативу для розчиненого у воді кисню здійснювалося за формулою [8]:

$$\beta_{O_2fi} = \frac{ГДК_{O_2}}{C_{O_2fi}}. \quad (5)$$

За значеннями кратності показників концентрації забруднюючих речовин, за якими спостерігається перевищення ГДК, визначають рівень забрудненості води відповідно до табл. 2.

За значеннями середньої кратності показників концентрації забруднювачів щодо перевищення ГДК  $\bar{\beta}'_{ij}$  та даними табл. 3 було розраховано частинний оціночний бал за кратністю перевищення  $S_{\beta'ij}$ . Визначення балів проводилося з використанням лінійної інтерполяції.

Таблиця 2

Класифікація показників якості води водних об'єктів за значеннями повторюваності випадків забрудненості

| Повторюваність,<br>% | Характеристика<br>забрудненості<br>води | Частинний<br>оціночний бал за<br>повторюваністю,<br>$S_{aj}$ | Доля частинного<br>оціночного балу,<br>що приходить<br>на 1% повторюваності |
|----------------------|---|--|---|
| [1'; 10)             | одиничне                                | [1; 2)   | 0,11  |
| [10; 30)             | нестійке                                | [2; 3)   | 0,05  |
| [30; 50)             | характерне                              | [3; 4)   | 0,05  |
| [50; 100)            | стійке                                  | 4  | –   |

\* При значеннях повторюваності менше одиниці приймаємо  $S_{aj} = 0$ .

**Примітка.** Інтервали позначені наступним чином: число справа – початок інтервалу; число зліва – кінець інтервалу; кругла скобка показує, що число, яке стоїть при ній, в інтервал не входить; квадратна скобка – значення входить.

Таблиця 3

Класифікація показників якості води водних об'єктів за кратністю показників концентрації забруднюючих речовин при перевищенні ГДК

| Кратність перевищення ГДК | Характеристика рівня забрудненості | Частинний оціночний бал за кратністю перевищення ГДК, $S_{\beta ij}$ | Доля частинного оціночного балу, що приходить на одиницю кратності перевищення ГДК |
|---------------------------|------------------------------------|--|--|
| (1; 2)                    | низький                            | [1; 2)   | 1,00   |
| [2; 10)                   | середній                           | [2; 3)   | 0,125  |
| [10; 50)                  | високий                            | [3; 4)   | 0,025  |
| [50; ∞]                   | екстремально високий               | 4  | –  |

**Примітка.** Інтервали позначені наступним чином: число справа – початок інтервалу; число зліва – кінець інтервалу; кругла скобка показує, що число, яке стоїть при ній, в інтервал не входить; квадратна скобка – значення входить. Для розчиненого у воді кисню використовуються наступні умовні градації кратності рівня забрудненості: (1; 1,5] – низький; (1,5; 2] – середній; (2; 3] – високий; (3; ∞] – екстремально високий. Якщо концентрація розчиненого у воді кисню у пробі дорівнює 0, для розрахунку умовно приймаємо її рівною 0,01 мг/дм<sup>3</sup>.

◆ Узагальнений оціночний бал  $S_{ij}$  за кожною речовиною розраховувався як добуток частинних оціночних балів за повторюваністю випадків забруднення та середньої кратності перевищення ГДК [8]:

$$S_{ij} = S_{\alpha ij} \cdot S_{\beta ij}, \quad (6)$$

де  $S_{\alpha ij}$  – частинний оціночний бал за повторюваністю випадків забруднення  $i$ -ї речовиною в  $j$ -му створі за період часу, що розглядається;

$S_{\beta ij}$  – частинний оціночний бал за кратністю перевищення ГДК  $i$ -ю речовиною в  $j$ -му створі за період часу, що розглядається.

Узагальнений оціночний бал дає можливість врахувати одночасно значення досліджуваних концентрацій забруднюючих речовин та частоту виявлення випадків перевищення показників концентрацій ГДК за кожною речовиною.

Значення узагальненого оціночного балу за кожною речовиною окремо може коливатися для різних вод від 1 до 16. Більшому його значенню відповідає більш високий ступінь забруднення води.

Далі визначається комбінаторний індекс забрудненості води за наступною формулою [8]:

$$S_j = \sum_{i=1}^{N_i} S_{ij} \cdot w_i, \quad (7)$$

де  $S_j$  – комбінаторний індекс забрудненості води в  $j$ -му створі;

$N_j$  – кількість речовин, що враховуються в оцінці;

$w_i$  – вагові коефіцієнти, що враховують значимість  $i$ -ї речовини, в даному розрахунку  $w_i = 1/N$ .

Як видно з наведених графічних даних (рис. 1), стічні води очисних споруд ІКВ ВКП погіршують стан води р. Сіверський Донець, оскільки значення  $KIЗВ$  у точці 3 більші, ніж у точці 2.

Дослідження щорічної сезонної динаміки різниці значень  $KIЗВ$  у точках 2 та 3 показує, що спостерігається постійна позитивна різниця значень, окрім окремих випадків, де, відповідно до вихідної інформації, відбулося розбавлення стічними водами очисних споруд більш забрудненої річкової води.

Наведені графіки показують також сезонні коливання різниці значень  $KIЗВ$ , що може бути пов'язано зі збільшенням поверхневого стоку за рахунок сніготанення навесні та за рахунок дощів восени, і відповідно збільшення обсягу забруднених стічних вод від очисних споруд.

На наступному етапі було встановлено наявність взаємозв'язку між  $KIЗВ$  та біохімічним споживанням кисню (БПК).

Оптимальні умови життєдіяльності більшості водних мікроорганізмів, рослин і тварин залежать не тільки від наявності трофічних зв'язків, але й від комбінації абіотичних факторів водного середовища: температури, рН-середовища, солоності, мутності води, освітленості, аеробних умов.

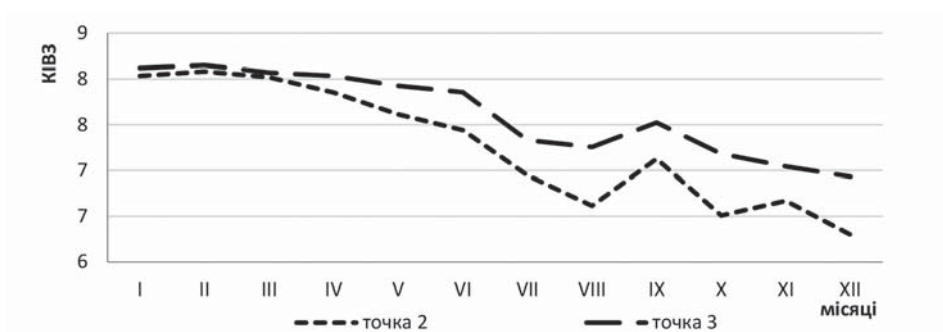


Рис. 1. Сезонна середньорічна динаміка  $KIЗВ$  у точках спостереження 2 та 3

Fig. 1. Seasonal average annual dynamic of Complex Water Pollution Index in points 2 and 3

У значній мірі життєдіяльність водних організмів визначається вмістом розчиненого кисню (РК) у воді, концентрація якого залежить, у першу чергу, від температурного режиму. Надходження кисню у водний об'єкт обмежується його розчинністю у воді. При певній температурі води і тиску у воді може розчинитися строго певна кількість кисню. Наприклад, мінімальний вміст РК, що забезпечує нормальний розвиток риб, становить близько 5 мг/дм<sup>3</sup>. Зниження його до 2 мг/дм<sup>3</sup> викликає масову загибель риб. Несприятливо позначається на їх стані і перенасичення (вище 120 %) води киснем.

Концентрація кисню у воді залежить від її фізичних характеристик (температури й солоності), а також від біохімічних факторів (фотосинтезу й споживання кисню при аеробному окисненні органічних речовин). Інтенсивність фотосинтезу залежить від освітленості і температури, а окиснення – від температури, кількості органіки та мікроорганізмів. Крім розглянутих механізмів, зміна концентрації кисню у воді може відбуватися під впливом гідродинамічних факторів – переносу (адвекції) течіями, вертикального хвильового переміщення та ін.

Концентрація РК у воді залежить також від споживання його при окисненні органічної речовини, тобто від біохімічних факторів. В аеробному середовищі біохімічне окиснення органічних речовин відбувається під впливом бактерій за схемою: органічні речовини + кисень → вода + діоксид вуглецю + інші речовини. Розкладання органічної речовини можна вважати еквівалентним реакції

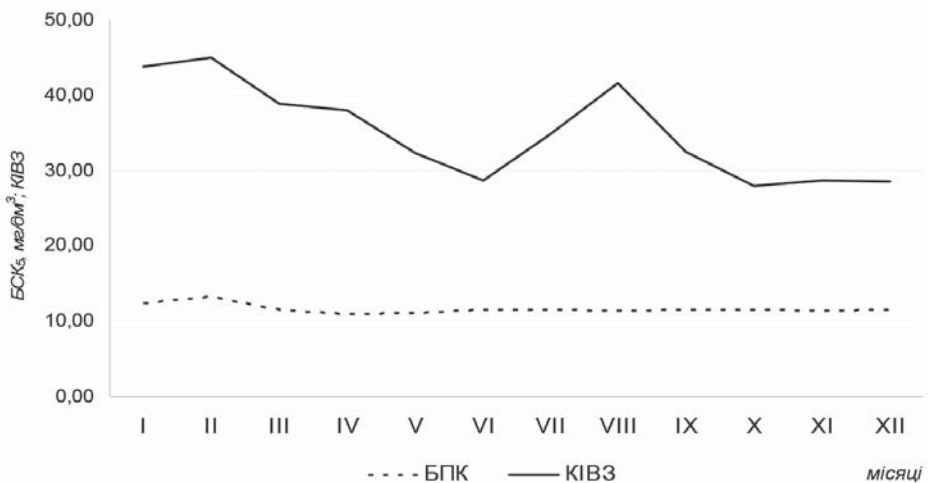


Рис. 2. Сезонна динаміка середньорічних показників БСК<sub>5</sub> та КІВЗ у точці 1

Fig. 2. Seasonal average annual dynamic of BOD<sub>5</sub> and Complex Water Pollution Index in point 1



окиснення, що приводить до зниження РК у воді та до порушення екологічної рівноваги.

Критерієм, що характеризує сумарний вміст у воді органічних речовин, є показник біохімічного споживання кисню, що виражає кількість кисню (мг), необхідну для біохімічного окиснення органічних речовин, що містяться у воді, за певний проміжок часу. Нормованим показником є  $BCK_5$  – кількість кисню, витрачена за п'ять діб в процесі біохімічного окиснення органічних речовин, що містяться в аналізованій воді. Розраховують  $BCK_5$  (мгО/л) як різницю у вмісті кисню в момент взяття проби та через 5 діб.

Тому є всі підстави обрати показники кисню у водотоці, а саме  $BCK_5$  та пов'язаний з ним показник розчиненого кисню як інтегральні показники екологічного стану поверхневих вод. Для підтвердження цього допущення перевіримо наявність кореляційного зв'язку між показниками  $KIЗВ$  та  $BCK_5$ . Проведемо порівняння за трьома точками спостережень.

На рис. 2 зображено сезонну динаміку середньорічних показників  $BCK_5$  та  $KIЗВ$  у точці 1. Коефіцієнт кореляції між вказаними значеннями складає 0,57.

На рис. 3 зображено сезонну динаміку середньорічних показників  $BCK_5$  та  $KIЗВ$  у точці 2. Коефіцієнт кореляції між вказаними значеннями складає 0,98.

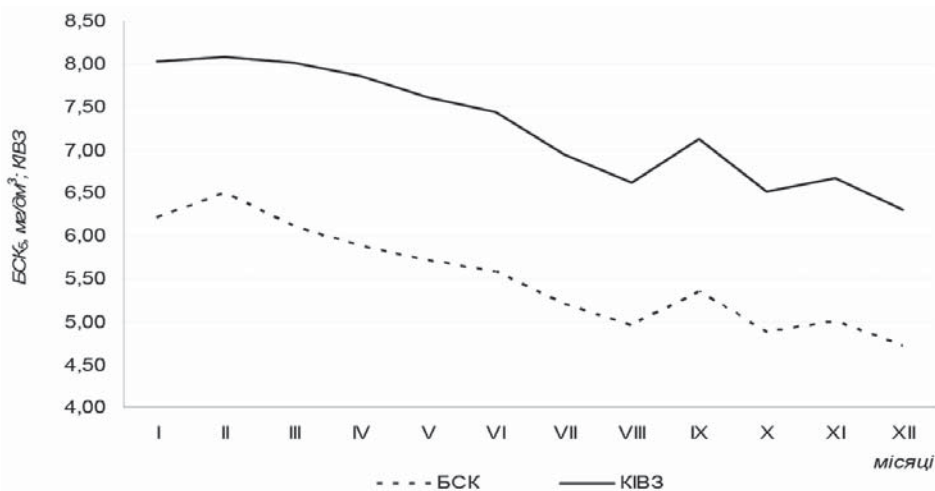


Рис. 3. Сезонна динаміка середньорічних показників  $BCK_5$  та  $KIЗВ$  у точці 2

Fig. 3. Seasonal average annual dynamic of  $BOD_5$  and Complex Water Pollution Index in point 2

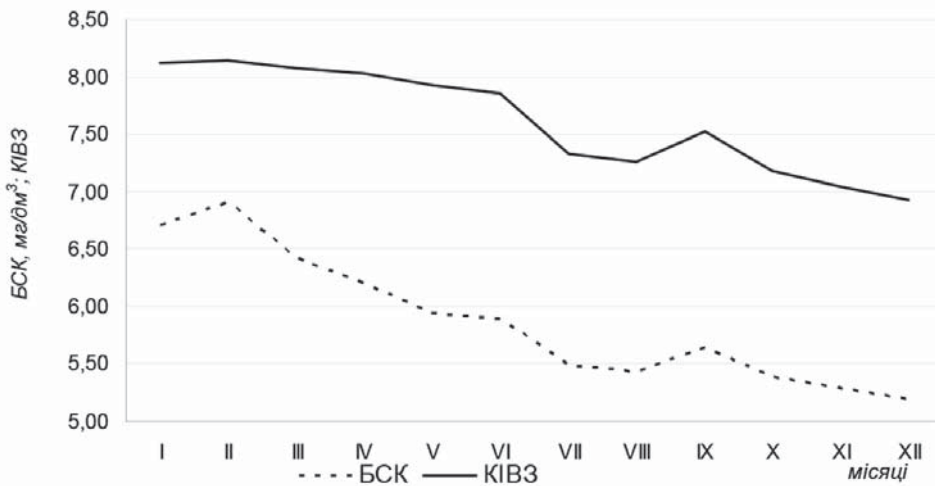


Рис. 4. Сезонна динаміка середньорічних показників БСК<sub>5</sub> та КІЗВ у точці 3

Fig. 4. Seasonal average annual dynamic of BOD<sub>5</sub> and Complex Water Pollution Index in point 3

На рис. 4 зображено сезонну динаміку середньорічних показників БСК<sub>5</sub> та КІЗВ у точці 2. Коефіцієнт кореляції між вказаними значеннями складає 0,94.

Аналізуючи сезонну динаміку показників БСК<sub>5</sub> та КІЗВ та зв'язок цих величин між собою, слід зазначити, що вирішальне значення на формування КІЗВ нижче джерела забруднення відіграє саме показник БСК<sub>5</sub>, що і підтверджується коефіцієнтами кореляції. Безпосередньо у місці скиду стічних вод, за умови перевищення концентрацій забруднюючих речовин значень ГДК декількома забруднюючими речовинами, формування КІЗВ відбувається за їх рахунок у різному ступені.

Виконані дослідження і розрахунки доводять, що кисневі показники відіграють важливу роль у визначенні якості вод об'єктів міської «блакитної інфраструктури». З ними пов'язана асимілююча здатність вод, тобто здатність вод до розкладання органічної речовини. Тому вміст розчиненого кисню та біохімічного споживання кисню у воді становить значний інтерес не тільки з погляду на функціонування акваекосистем, але і як інтегральний показник екологічного стану водного середовища. Зв'язок, що існує між величиною КІЗВ і величиною БСК<sub>5</sub>, робить показник БСК<sub>5</sub> важливим для індикаторної оцінки забруднення вод різними органічними речовинами. Тому в якості інтегрального показника для характеристики стану міського водного об'єкта та проведення оперативного моніторингу обрано показники кисневої характеристики.



---

## Список використаних джерел до розділу

1. Некос А. Н., Максимов О. М., Шевчик К. В. Екологічна якість природних вод з міських джерел м. Харкова. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2019. Вип. 31, 96-103. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-09>
2. Nekos A., Boiaryn M., Lugowska M., Tsos O., Netrobchuk I. Оцінка екологічного стану річок басейну Західного Бугу за індексом макрофітів (MIR). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. № 54. С. 316-328.
3. Лосев М. Ю., Мілька І. В. Оцінка якості поверхневих вод басейну річки Салгир. *Системи обробки інформації*. 2011. № 3 (93). С. 199-202.
4. Гриб Й. В. О периодичности характеристик в экологической классификации качества поверхностных вод. *Гидробиологический журнал*. 2003. № 3. С. 38-43.
5. Барановський В. А., Бардов В. Г., Омельчук С. Т. Україна. Екологічні проблеми природних вод. Київ: Центр екоосвіти та інформації, 2000. 16 с.
6. Рекомендации по проведению обобщенного показателя для оценки уровня загрязненности природных вод. *Сборник научных трудов ВНИИВО*. 1984. Харьков. С. 76-79.
7. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБРАН, 2003. 463 с.
8. РД 52.24.643-2002: 2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293831/4293831806.htm>
9. Жук В. М., Коробкова Г. В. Інтегральна оцінка сучасного якісного стану р. Сіверський Донець у межах Харківської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. Вип. 23, № 1-2. С. 103-109.
10. Bezsonnyi V., Tretyakov O., Khalmuradov B., Ponomarenko R. Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of Chervonooskil water reservoir (Дослідження динаміки та моделювання кисневого режиму Червонооскільського водосховища). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017. 5/10 (89), P. 32-38.

---

## References to the chapter

1. Nekos, A. N., Maksimov, A. M., & Shevchyk, K. V. (2019). Ecological Quality of Natural Waters from of Kharkiv Urban Springs. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 31, 96-103. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-09>
2. Nekos, A., Boiaryn, M., Lugowska, M., Tsos, O., & Netrobchuk, I. (2021). Assessment of the ecological condition of the Western Bug river basin according to the macrophyte index for rivers (MIR). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, (54), 316-328. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-24>
3. Losev, M. Yu., Milka I. V. (2011). Estimation of surface water quality in the Salgir river basin. *Information processing systems*. 3 (93). 199-202.
4. Grib, Y. V. (2003). On the periodicity of characteristics in the ecological classification of surface water quality. *Hydrobiological journal*. 3. 38-43.
5. Baranovskiy, V. A., Bardov V. G., Omelchuk S. T. (2000). Ukraine. Ecological problems of natural waters. K. : *Center for Eco-awareness and Information*. 16 .



6. Recommendations for the generalized indicator for the onset of the level of pollution of natural waters. (1984). *Collection of scientific works of VNIIVO*. Kharkiv. 76-79.
7. Shitikov, V. K., Rosenberg, G. S., Zinchenko, T. D. (2003). Quantitative Hydroecology: *Methods for Systemic Identification*. Togliatti: IEVBRAN, 463.
8. RD 52.24.643-2002: (2002). Method for a comprehensive assessment of the degree of pollution of surface waters by hydrochemical indicators. Retrieved from <http://meganorm.ru/Index2/1/4293831/4293831806.htm>
9. Zhuk, V. M., Korobkova, G. V. (2015). Integral assessment of the current yakisnogo mill. Siverskiy Donetsk near the border of Kharkiv region. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 23 (1-2). 103-109.
10. Bezsonnyi, V., Tretyakov, O., Khalmuradov, B., Ponomarenko, R. (2017). Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of Chervonooskil water reservoir (Дослідження динаміки та моделювання кисневого режиму Червонооскільського водосховища). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/10 (89), 32–38.

### **3.6. DETERMINATION OF THE FEATURES OF THE THERMAL REGIME OF THE CITY USING REMOTE SENSING DATA (ON THE EXAMPLE OF THE CITY KHARKIV)**

---

### **3.6. ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ М. ХАРКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ**

**ACHASOV Andrii**

professor, D.Sc. agr., Head of chair of Ecology and environmental management, V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine.

[achasov@karazin.ua](mailto:achasov@karazin.ua)

<https://orcid.org/0000-0003-2446-3707>

**KUZMINOVA Anastasiia**

Intetics Geo, Kharkiv, Ukraine

**Abstract.** Along with the growing pace of urbanization, the problem of microclimatic conditions in cities is growing, which leads to the formation of an urban heat island, which can have a negative impact on the urban residents health. The purpose of this research is to investigate the internal territorial features of Kharkiv city thermal regime using remote sensing data. The tasks of the study ensure the determination of the temperature regime using remote sensing data analysis by means of GIS and the calculation of the correlation between the temperature values and normalized difference vegetation index (NDVI). Determination of the land surface temperature has occurred using QGIS GIS program

and plug-ins for it. Correlation was calculated using Pearson's method. During the study, Landsat 8 images downloaded from the official USGS website were used. A total of 20 images were processed for the period from autumn 2017 to autumn 2020, inclusive, to study the dynamics of the temperature regime of the study area in different seasons of the year. For most seasons, 2 images were processed. Results: the urban heat island effect on the territory of Kharkov is formed in the summer and winter seasons. In summer, there is a negative correlation between NDVI and the LST, and in winter, it is positive. Slobidsky district had the highest temperature values more often than other districts, while the NDVI values for it were among the lowest. Kyiv district has the highest NDVI index among Kharkiv districts; it also usually has the lowest temperature values in the warm season, which indicates the largest area of green spaces among the city districts.

**Keywords:** city temperature regime, urban heat island, GIS, RSD, urboecosystems.

**АЧАСОВ Андрій Борисович** – професор, д.с.-г.н., в.о. завідувача кафедри екології та менеджменту довкілля, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна.

achasov@karazin.ua <https://orcid.org/0000-0003-2446-3707>

**КУЗЬМІНОВА Анастасія Юріївна** – ІнтетіксГео, Харків, Україна

**Анотація.** Разом зі зростаючими темпами урбанізації зростає і проблема мікрокліматичних умов у містах, що призводить до формування міського острова тепла, який може чинити негативний вплив на здоров'я міських жителів. Метою роботи було дослідити внутрішню територіальні особливості теплового режиму м. Харків за допомогою даних дистанційного зондування. Завдання дослідження передбачали визначення температурного режиму Харкова шляхом аналізу даних дистанційного зондування програмними засобами ГІС та розрахунок кореляції між значеннями температури та рослинним індексом NDVI. Визначення температури земної поверхні відбувалось за допомогою ГІС-програми QGIS та плагінів для неї. Кореляція розраховувалась за методом Пірсона. Під час дослідження були використані знімки Landsat 8, завантажені з офіційного сайту USGS. Усього було оброблено 20 знімків за період з осені 2017 року до осені 2020 року включно для дослідження динаміки температурного режиму території дослідження у різні сезони року. Для більшості сезонів було оброблено по два знімки. Результати: ефект міського острова тепла на території Харкова формується в літній і зимовий сезони року. Влітку визначається негативна кореляція між NDVI і температурою земної поверхні, а взимку - позитивна. Найвищі значення температури частіше за інші райони мав Слобідський район, в той час як значення NDVI для нього були одні з найнижчих. Київський район має найвищий показник NDVI серед районів Харкова; також він має, зазвичай, найнижчі значення температури у теплу пору року, що говорить про найбільшу площу зелених насаджень серед районів міста.

**Ключові слова:** температурний режим міста, міський острів тепла, ГІС, ДДЗ, урбоєкосистеми.

---

Населення Землі становить 8 мільярдів людей і має чітку тенденцію до подальшого зростання. Іншою тенденцією є переважання міського населення у загальній демографічній структурі. Уже в 2009 році



кількість мешканців урболандшафтів перебільшила число мешканців селищ, а за прогнозами експертів ООН до 2050 року міське населення світу становитиме 68 %.

За таких умов підвищена увага має приділятися стану та розвитку зелено-блакитної структури міст як їх важливій екологічній складовій. Адже відомо, що саме зелені насадження та водні об'єкти мають великий потенціал до покращення мікроклімату урболандшафтів взагалі та їх температурного режиму зокрема. Останнє особливо актуально для теперішнього етапу зміни клімату, який супроводжується значним підвищенням літніх температур [1].

Особливості будови території міста сприяють формуванню місцевого клімату, відмінного від клімату приміської території. У промислових зонах, на окремих вулицях, кварталах, площах, парках формуються свої особливі мікрокліматичні умови, які визначаються міською забудовою, наявністю промислових підприємств, ґрунтовим покриттям, розподілом зелених насаджень і водойм.

На формування міського клімату впливають:

- прямі викиди тепла та зміни режиму сонячної радіації;
- пилогазові викиди промислових підприємств та транспортних засобів;
- зміни теплового балансу за рахунок зниження випаровування, низької проникності підстилаючої поверхні, що сприяє швидкому стоку води та значній теплопровідності покриттів;
- пересіченість місцевості, що створюється міською забудовою, велика доля вертикальних поверхонь, що призводить до взаємного затінення будинків та створення котловинних умов на фоні рівнинного рельєфу [2].

Перераховані фактори діють комплексно, хоча і неоднаково в різних умовах клімату і погоди і є причиною утворення так званого «острова тепла» над містом. Закономірності зміни температури повітря при переході від сільської місцевості до центральної частини міста показані на рис. 1.

На кордоні розділу «місто – сільська місцевість» виникає значний горизонтальний градієнт температури, що досягає іноді 4 °С/км. Більша частина міста являє собою «плато» теплого повітря з підвищенням температури у напрямку до центру міста. Термічна однорідність «плато» може порушуватись прогалинами у вигляді областей холоду, які можуть виникати через парки, водойми, луки, та областей тепла - промислові підприємства, щільна забудова. Над центральною частиною великих

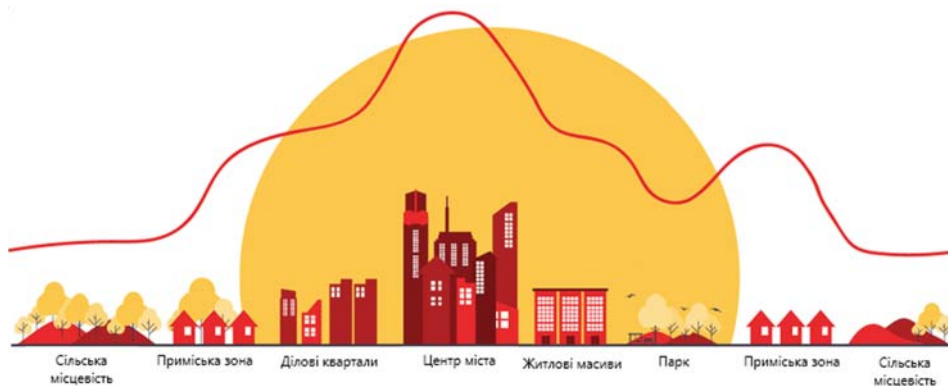


Рис. 1. Ілюстрація ефекту міського острова тепла [4]

Fig. 1. Visual demonstration of urban heat island effect [4]

міст розташовується «під острова тепла», що відповідає максимальній температурі повітря. На території міських агломерацій може існувати декілька таких «піків», зумовлених наявністю промислових підприємств і щільною забудовою [5].

Міський острів тепла (з англ. UHI - urban heat island) став екологічною проблемою у всьому світі. Для його кількісної оцінки широко використовуються значення температури земної поверхні (з англ. LST - land surface temperature). Наприклад, у Шеньчжені, південному прибережному місті Китаю, проводились дослідження для визначення взаємозв'язку між зміною LST у різні сезони та чинниками, що на неї впливають [6]. Результати показали, що найважливішим фактором, що впливає на просторову неоднорідність LST влітку, був відсоток забудованої території (53,62 % впливу), тоді як у перехідний сезон найважливішим фактором був нормалізований відносний індекс вегетації (NDVI), тобто % озеленення території (47,84 %). Взимку ці два фактори (збудова – 26,84 % та озеленення 25,56 %) були найвпливовішими. Штучні покриття та зелені насадження мали домінуючий вплив на просторову диференціацію температури. Різниця форм ландшафту не була домінуючим фактором впливу влітку чи у перехідний сезон. Вплив форм ландшафту збільшується зі зниженням температури, тоді як рівень внеску таких важливих факторів, як штучні покриття та зелені зони, значно зменшився. Ці взаємозв'язки свідчать про те, що вплив форм ландшафту на температуру відносно слабкий, на відміну від штучних покриттів та зелених насаджень [6].

Зміна температури у часі та просторі також досліджувалась у місті Турку (Фінляндія) та його околицях [7]. Головною метою дослідження було розкриття просторових добових та сезонних різниць температур



протягом періоду спостережень 2002–2007 рр., а також зміна температур з урахуванням землекористування, рельєфу та сусідства водойм. Дослідження базувалось на наборі температурних даних із мережі з 36 реєстраторів температури Ново Н8, які здійснюють вимірювання з інтервалом 30 хв. Результати вказують на те, що саме добові мінімальні температури найкраще можна пояснити різними формами землекористування, рельєфу та водних об'єктів. Дана модель не дає чіткого пояснення впливу даних факторів при оцінці значень максимальних температур. Землекористування було найважливішим фактором, що спричиняв просторові різниці мінімальних та середніх температур, а також впливав на добові коливання температури у досліджуваній зоні [7].

Зміни температури, спричинені міським ландшафтом, впливають на здоров'я та комфорт людей, а також на споживання енергії та якість повітря. Тому для містобудівних цілей важливо дізнатися про коливання температури повітря між різними категоріями землекористування як в екстремальних ситуаціях, так і у звичайних умовах. Дослідження даних, зібраних на 18 ділянках у місті Гетеборг [8] протягом 18 місяців, разом із інформацією про землекористування з Генерального плану Гетеборгу, проводилось із використанням статистичного аналізу змін температури повітря та землекористування. Дослідження проводилось на території трьох зон із різним типом забудови: міської щільної, багатоквартирної та одиночних будинків. Проводився аналіз спостережуваних різниць температури між цими категоріями як вдень, так і вночі та у різних погодних умовах. Вночі забудовані території завжди були теплішими з найвищим відхиленням температури (8 °C) під час ясних умов у міській щільній категорії. Однак категорії «багатоквартирна» та «одиночні будинки» показали подібну різницю температур, приблизно 4 °C, порівняно з околицями. У ясні дні забудовані категорії були холоднішими, ніж райони за містом, явище, яке називають прохолодним островом. У похмурі дні в цих районах зазвичай було тепліше приблизно на 2,5 °C [8].

Таким чином, температура повітря змінюється в межах забудованої території щодня та під час різних погодних ситуацій. Виникає питання про значення цих результатів для містобудування та як вони можуть змінити спосіб планування території. Для цього проводять обговорення наслідків змін температури повітря для комфорту людини та споживання енергії. Комфорт людини вимірюється як фізіологічна еквівалентна температура (ФЕТ), показник, що виражає тепловий стрес на людей. Показано, що значення ФЕТ, як правило, вищі в межах щільно забудованої категорії, але потреба в енергії нижча. Насправді через місцеві кліматичні зміни домогосподарство в густо забудованій категорії щорічно використовує на 11–20 % менше енергії порівняно з приміським [8].

Вплив складу ґрунтового покриву на температуру поверхні землі (LST) широко досліджено та задокументовано у наукових працях. Однак мало досліджень вивчали наслідки конфігурації земельного покриву. Наведене дослідження визначило вплив як складу, так і конфігурації земельного покриву на LST у Балтіморі, штат Мехіко, США, використовуючи кореляційний аналіз та багаторазові лінійні регресії. Дані зображення Landsat ETM+ використовувались для оцінки температури земної поверхні. Склад та конфігурацію ґрунтового покриву визначали за допомогою ряду ландшафтних параметрів, які були розраховані на основі карти ґрунтового покриву з високою роздільною здатністю із загальною точністю 92,3 % [9].

Дослідники виявили, що склад земельного покриву є більш важливим для визначення LST, ніж його конфігурація. Характеристика земельного покриву, яка найбільш суттєво впливає на величину LST, - це відсоток забудови. На відміну від цього, відсоток покриву деревної рослинності є найважливішим фактором, що пом'якшує вплив УНІ. Однак конфігурація різних видів земельного покриву також має значення. Тримаючи склад постійним, LST може бути значно збільшений або зменшений за рахунок різних просторових розташувань різновидів земельного покриву. Ці результати дозволяють припустити, що вплив урбанізації на УНІ можна пом'якшити не тільки шляхом збалансування відносної кількості різних видів земельного покриву, але також шляхом оптимізації їх просторової конфігурації [9].

Досить поширеним є використання супутникових знімків у інфрачервоному діапазоні у дослідженні ефекту міського острова тепла. У статті [10], крім огляду зарубіжних та вітчизняних джерел з питання формування міського острова тепла, наведено приклади оцінки теплового забруднення деяких західноукраїнських міст за інфрачервоними супутниковими знімками Landsat 8. Авторами було створено схему основних методів зменшення теплового забруднення у містах.

Серед зарубіжної наукової літератури з питання вивчення ефекту міського острова тепла досить поширеним є використання супутникових знімків. У статті [11] індійських дослідників наводяться результати дослідження ефекту міського острова тепла у місті Віджаявада. Науковці визначали інтенсивність впливу різних типів землекористування на формування досліджуваного ефекту. Для цього вони використовували зображення Landsat ETM+. На основі аналізу даних знімків було створено зображення нормалізованого відносного індексу вегетації (NDVI). Максимальна температура повітря спостерігається у забудованих районах міста, а мінімальна - у районах, де рослинний покрив більше. Як виявлено, NDVI має негативну кореляцію з температурою земної поверхні. Тобто чим більша густина рослинності, тим нижчою є



температура поверхні. Дане дослідження доводить ефективність озеленення досліджуваного міста для боротьби з явищем міського острова тепла.

Польські науковці проводили дослідження ефекту міського острова тепла у місті Познань [12]. Визначались карти поверхневих міських островів тепла (SUHI). За допомогою даних Landsat 5 отримали характеристики температури поверхні землі (LST). Просторовий аналіз міського острова тепла проводився на основі даних Corine Land Cover. Результати цього дослідження доводять, що найвище значення середніх аномалій LST (3,4 °C) досягається на території щільної міської забудови, а найнижче значення зустрічається у широколистяних лісах (-3,1 °C).

У місті Модена (Італія) науковцями було проведено багаточасовий аналіз для виявлення та оцінки поверхневого міського острова тепла (SUHI, прямо пов'язаного з явищем міського острова тепла (UHI)) з 2014 по 2017 рік [13]. Для цього були оброблені супутникові знімки Landsat 8 з використанням програми QGIS для отримання температури земної поверхні (LST) та нормалізованого відносного індексу вегетації (NDVI). Були отримані значення LST та NDVI трьох регіонів: сільської місцевості, передмістя та центру міста. Також було досліджено кореляцію між показниками LST та NDVI. Було виділено максимальну різницю в значеннях LST у 6,5 °C між центром міста та сільською місцевістю, що підтверджує наявність явища SUHI навіть у середніх містах, таких як Модена. Результати дослідження демонструють, що супутникові дані підходять для визначення та оцінки SUHI, тому це може бути корисним інструментом у сфері державного управління та міського планування.

**Метою роботи** є визначення особливостей теплового режиму м. Харків за допомогою даних дистанційного зондування

**Умови та методи проведення досліджень.** Для дослідження даних температурного режиму була обрана територія м. Харкова та прилеглі території у західному напрямку, включаючи м. Люботин (рис. 2). Місто Харків було обрано для дослідження як приклад сучасного великого міста з високим ступенем урбанізації території. Територія міста Люботин досліджувалась для порівняння особливостей температурного режиму.

Усього було оброблено 20 знімків за період з осені 2017 року до осені 2020 року включно для дослідження динаміки температурного режиму території дослідження у різні сезони року. Для більшості сезонів було оброблено по 2 знімки. Для деяких сезонів було оброблено лише по 1 знімку через значну хмарність, що вкривала територію дослідження і унеможлилювала отримання необхідних даних.

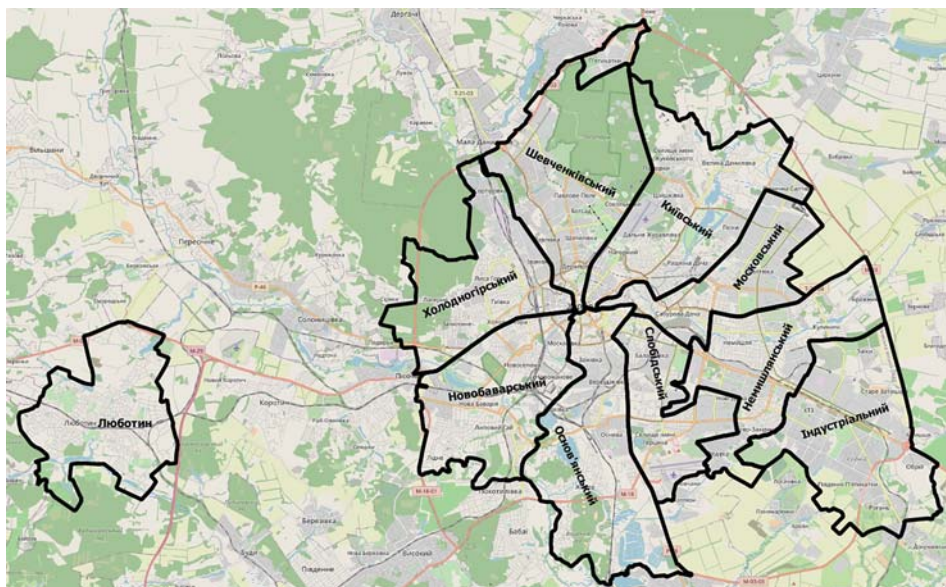


Рис. 2. Територія дослідження (картографічні дані Open Street Map)

Fig. 2. Research area (cartographical data – Open Street Map)

Загальний алгоритм проведення дослідження:

1. Аналіз теоретичного матеріалу стосовно температурного режиму міста та його досліджень за допомогою даних дистанційного зондування.
2. Завантаження знімків з офіційного сайту Геологічної служби США.
3. Обробка знімків у програмі QGIS з використанням плагінів:
  - a. Semi-Automatic Classification Plugin (атмосферна корекція, обрізання растрових шарів, фінальний розрахунок температури земної поверхні);
  - b. Land Surface Temperature Estimation Plugin (розрахунок растрового шару показника NDVI та коефіцієнта випромінювання).
4. Створення атласу отриманих карт у QGIS.
5. Визначення наявності зв'язку між показниками температури земної поверхні та NDVI районів міста Харкова та міста Люботин шляхом розрахунку коефіцієнта кореляції Пірсона.
6. Аналіз отриманих даних за сезонами, виявлення загальних особливостей динаміки температурного режиму досліджуваної території.



## 7. Розробка рекомендацій щодо регулювання температурного режиму міста.

Під час дослідження були використані знімки Landsat 8, завантажені з офіційного сайту USGS [14]. Супутник Landsat 8 був запущений у 2013 році. На супутнику встановлено пристрій для створення знімків земної поверхні (the Operational Land Imager - OLI) та тепловий інфрачервоний датчик (the Thermal Infrared Sensor - TIRS). Супутник здійснює збір даних у 11 діапазонах (табл. 1), включаючи інфрачервоний, тому його дані можна використовувати для визначення LST. Знімки, виконані супутником, можна завантажити безкоштовно за умови попередньої реєстрації на сайті USGS, тобто дані відкриті для широкого загалу, що сприяє доступності наукових досліджень.

Під час даного дослідження використовувались дані 4-го, 5-го (для розрахунку NDVI, коефіцієнта випромінювання) та 10-го (для розрахунку температури земної поверхні) діапазонів.

Таблиця 1

Діапазони даних на знімках Landsat 8 [15]

| Діапазон                  | Довжина хвилі, мкм |
|---------------------------|--------------------|
| 1                         | 0,43-0,45          |
| 2                         | 0,45-0,51          |
| 3                         | 0,53-0,59          |
| 4 - червоний              | 0,64-0,67          |
| 5 - ближній інфрачервоний | 0,85-0,88          |
| 6                         | 1,57-1,65          |
| 7                         | 2,11-2,29          |
| 8                         | 0,50-0,68          |
| 9                         | 1,36-1,38          |
| 10 - TIRS 1               | 10,6-11,19         |
| 11 - TIRS 2               | 11,50-12,51        |

Для обробки знімків та розрахунку температури земної поверхні (далі – LST) використовувалась програма QGIS 2.18 та два плагіни для неї: Semi-Automatic Classification Plugin (далі – SACP) для виконання атмосферної корекції знімків, обрізання растрових шарів та фінального розрахунку LST та Land Surface Temperature Estimation Plugin (далі – LSTEP) для розрахунку растрового шару показника NDVI та коефіцієнта випромінювання. Зазначена програма є вільною ГІС, тобто підтримується суспільством ентузіастів та не потребує оплати за її використання.

Завантаження та обробка даних дистанційного зондування (далі – ДДЗ) відбувалась за наступними кроками:

1. Вибір та завантаження знімків для території дослідження за необхідний проміжок часу з урахуванням їх хмарності за допомогою плагіну SACP або інструмента візуалізації GloVis.
2. Атмосферна корекція знімків з використанням SACP.
3. Обрізання растрових шарів супутникових знімків для виключення території, що не входить до території, обраної для дослідження.
4. Розрахунок растрового шару показника NDVI та коефіцієнта випромінювання за даними 4-го та 5-го діапазонів з використанням LSTER.
5. Розрахунок растрового шару LST з використанням SACP.

Після створення атласу карт температури земної поверхні для досліджуваної території у програмному середовищі QGIS відбувся візуальний аналіз отриманих даних:

- визначалась наявність проявів ефекту міського острова тепла;
- порівнювались дані за сезонами, районами міста, між м. Харковом та м. Люботин;
- відзначалась різниця значень між житловими масивами, центральною частиною міста, промисловими зонами, зеленими насадженнями.

Для кількісної оцінки різниці температури між районами міста та м. Люботин було розраховано середні значення LST за районами для кожного знімка. Визначення наявності зв'язку між ступенем озеленення (через NDVI) та температури земної поверхні проводилось шляхом розрахунку коефіцієнта кореляції Пірсона між середніми значеннями вказаних параметрів за районами для кожного знімка.

Під час проведення дослідження використовувались дані супутника Landsat 8. Ці дані оброблялись за допомогою програми QGIS та додаткових плагінів, що дозволяють проводити обчислення значень NDVI та LST на основі растрових даних супутника.

Отримані дані були візуально проаналізовані на предмет наявності проявів ефекту міського острова тепла за сезонами року, різниці температури між різними зонами міста. Також були розраховані кількісні показники середніх значень NDVI та LST для кожного знімка, для яких визначався коефіцієнт кореляції Пірсона.

**Результати досліджень.** Під час дослідження температурного режиму міста в осінній період було розраховано значення температури земної поверхні для 7-ми знімків: 3 знімки за вересень, 3 – за жовтень та 1 – за листопад.

На осінніх знімках **вересня** ми спостерігаємо підвищені температури на території промислових цехів, залізничних станцій (рис.3), у центральній частині міста. Житлові масиви тепліші, ніж приміська територія, зелені зони та водойми. Різниця температури між промисловими центрами та зеленими зонами знаходиться в діапазоні 5–10 °С.

На знімках **жовтня та листопада** найвищі температури мають відкриті поля, у містах основними осередками тепла виступають промислові зони. Немає суттєвої різниці значень температури земної поверхні для житлових зон Харкова та м. Люботин.

Однак на деяких знімках (наприклад, 21.10.2019) видно, що наявність приватного опалення у містах зумовлює більш високі температури, ніж у житлових масивах з централізованим опаленням. На знімку за 19.11.2018 температура у центрі міста нижча, ніж у більш віддалених районах, на 1–2 °С.

Згідно з розрахованими даними середньої температури земної поверхні у **вересні** найвищі значення даного показника притаманні території Слобідського району, а найнижчі – Київського. Середня температура у Харкові 22.09.2017 була на 1.1 °С, а 03.09.2019 та 14.09.2020 всього на 0.3 °С вища, ніж у м. Люботин.

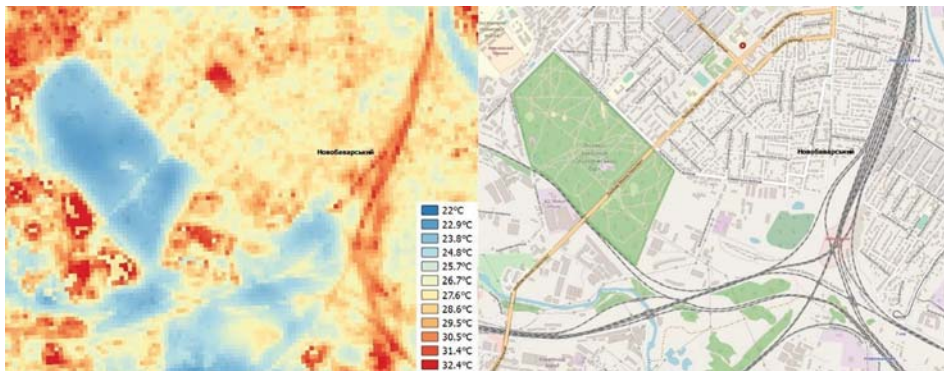


Рис. 3. – Фрагменти карти LST та Open Street Map для ділянки Новобаварського району Харкова за 22.09.2017

Fig. 3. Segment of LST map and Open Street Map for Novobavarskiy district, Kharkiv, date – 22.09-.2017

У жовтні та листопаді найгарячішим районом Харкова є Індустріальний, а найхолоднішими – Шевченківський та Холодногірський. Різниця температури між Харковом та Люботином у жовтні та листопаді складає від  $-0.5^{\circ}\text{C}$  до  $+0.3$ .

Зазначені дані вказують на те, що немає суттєвої різниці температури між великим та невеликим містами в осінній період. Дані за 21.10.2019 вказують на те, що в цей день у Харкові навіть було більш прохолодно, ніж у Люботині. Можна припустити, що у цей день у Харкові ще не ввімкнули системи опалювання, в той час як у Люботині переважна більшість житлових будинків мають приватне опалення, що могло вже використовуватись.

Ступінь озелененості території міста визначався через показник NDVI. Протягом всієї осені найнижчі значення NDVI простежуються для території Слобідського району, а найвищі – Київського. Також досить близькі значення NDVI мають Шевченківський та Холодногірський райони міста. Різниця NDVI між Харковом та Люботином варіюється в межах від  $-9.09\%$  до  $-29.05\%$ , тобто для території Люботина даний показник у середньому вищий, ніж для території Харкова. Однак значення, отримані для Київського району за деякі дати, перевищують значення для міста Люботин.

Дані розрахунків коефіцієнта кореляції Пірсона між NDVI та температурою земної поверхні (табл.2) вказують на те, що у період місяця вересня спостерігається явно виражена лінійна зворотна залежність температури від ступеня озелененості території. Тобто чим більше на території живої рослинності, тим нижчою буде середня температура земної поверхні.

Основний вплив на температурний режим території міста в осінній сезон здійснюють об'єкти промисловості. Суттєва різниця між великим та невеликим містом не прослідковується. Тобто ефект міського острова тепла не формується. Спостерігається явно виражена лінійна зворотна залежність температури від ступеня озелененості території у вересні.

Таблиця 2

Кореляція між NDVI та температурою земної поверхні  
для осіннього сезону

| Дати знімків |          |          |          |          |          |          |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 22.09.17     | 03.09.19 | 14.09.20 | 18.10.18 | 21.10.19 | 07.10.20 | 19.11.18 |
| -0.955*      | -0.885*  | -0.940*  | -0.622   | -0.148   | -0.831*  | -0.304   |

\* $p=0.01$  (вірогідність помилки – 1%) на основі даних таблиці критичних значень [17]



Дослідження зимового температурного режиму Харкова базується на даних, отриманих із 3-х знімків за грудень 2017 року, січень 2018 року та лютий 2020 року.

На знімку за 11.12.2017 бачимо, що житлові масиви мають вищі значення температури земної поверхні. Можна зробити припущення, що переважний вплив на температурний режим міста здійснюється системою опалення. Видно, що густа забудова спальних районів Харкова (особливо Салтівки – Київський район) має найвищі значення температури. Тепло, утворене у місті, впливає на прилеглі райони. Порівнюючи температуру полів у північній частині знімка та у східній, можемо побачити різницю значень приблизно у 5 °С. За значеннями середньої температури земної поверхні у вказаний день найтеплішим був Слобідський район, а найхолоднішим – Холодногірський. У середньому, температура по місту була на 0.4 °С вища, ніж у Люботині.

Цікаві результати були отримані на знімку за 22.01.2019. При досить сильних морозах до -19 °С зелені масиви, особливо лісові насадження, мають на 10 °С вищу температуру. За 10.02.2020 були отримані досить схожі на попередній знімок результати. Зелені насадження та водні об'єкти досить гарно зберігають тепло. На знімку за 22.01.2019 найвищі значення LST були у Шевченківському районі, найнижчі – в Індустріальному. У Харкові було на 3.4 °С тепліше, ніж у Люботині. 10.02.2020 найнижчі температури були зафіксовані для території Індустріального району, найвищі – для Основ'янського. Температура у Харкові в цей день перевищувала значення для Люботина на 0.8 °С.

Отримані дані свідчать про те, що зі зниженням температури зростає різниця між температурою у Харкові та Люботині. За даними знімка за 22.01.19 чітко прослідковується ефект міського острова тепла, що спричиняє значну різницю температури між великим містом та передмістям.

Хоча для зимового сезону характерні низькі значення коефіцієнта вегетації, однак різниця між Харковом та Люботином за січень та лютий є досить суттєвою.

Результати розрахунку кореляції між NDVI та температурою земної поверхні для зимового сезону наведені у таблиці 3. Згідно з отриманими даними простежується суттєва пряма залежність між NDVI та температурою у січні та лютому, тобто зі збільшенням площі території, вкритої рослинністю, зростають значення температури. Це означає, що при від'ємних значеннях температури наявність зелених насаджень забезпечує краще зберігання тепла.

Таблиця 3

Кореляція між NDVI та температурою земної поверхні для зимового сезону

| Дати знімків |                |                |
|--------------|----------------|----------------|
| 11.12.17     | 22.01.19       | 10.02.20       |
| -0.111**     | <b>0.696**</b> | <b>0.763**</b> |

\*\* $p=0.05$  (вірогідність помилки – 5 %) [17]

Взимку на температурний режим міста сильно впливає система опалення. У більш густо забудованих районах утворення тепла зростає. Також вагоме значення мають ізоляційні властивості приміщень. Більш сучасна міська забудова має поліпшені термоізоляційні властивості, тож втрати тепла у нових районах менші. Чітко прослідковується формування міського острова тепла під час сильних морозів, особливо у порівнянні з невеликими містами. З отриманих результатів можна зробити висновок, що взимку наявність на території зелених насаджень та водойм сприяє утриманню тепла.

Для весняного сезону було опрацьовано 5 знімків: 4 – за квітень та 1 – за травень. На початку весни (знімок 09.04.2018) ефект міського острова тепла ще зберігається. Однак, на відміну від зимових місяців, зелені насадження та водні об'єкти вже не відіграють роль утримувачів тепла. Більш високі температури центральної частини міста формуються за рахунок опалення, щільної забудови та роботи промислових підприємств. На початку квітня 2018 року найтеплішим районом міста був Слобідський, а найхолоднішим – Київський. У Харкові температура була на 1.2 °C вищою, ніж у м. Люботин.

За даними за 2019-2020 роки у квітні найвищі значення температури має Індустріальний район, а найнижчі – Шевченківський та Холодногірський. Різниця температури у Харкові та Люботині коливалась від -0.4 °C до +1.6 °C. У середині весіннього сезону ситуація схожа на осінні місяці, коли основні осередки тепла це промислові зони, температура полів з відкритим ґрунтом може бути на 3 °C вища, ніж у центрі міста, суттєвої різниці між житловими масивами великого та малого міста не спостерігається.

У кінці травня візуально вирізняється початок формування міського острова тепла у центрі міста. Найвищі значення температури земної поверхні мають Слобідський та Індустріальний райони, а найнижчі – Київський. **У Харкові на 1.1 °C, ніж у Люботині.**

Значення NDVI серед районів міста Харкова коливаються у таких діапазонах:



- квітень: від 0.3 до 0.42 (найменші значення у Московського та Слобідського районів);
- травень: від 0.54 (Слобідський) до 0.68 (Київський).

Показник NDVI для території м. Люботин вищий за показник для Харкова у діапазоні від 11.66 % до 21.44 %.

Розрахунок коефіцієнта кореляції між NDVI та температурою земної поверхні для весняного сезону (табл. 4) показав наявність суттєвої зворотної залежності між цими показниками для даних за 2018 та 2019 роки. Аналіз даних за 2020 рік не виявив статистично значимої залежності.

Отже, у весняний період року різниця між температурою у місті та у передмісті не дає змоги стверджувати про формування міського острова тепла. Частина даних вказує на наявність суттєвої зворотної залежності між NDVI та температурою земної поверхні.

Таблиця 4

Коефіцієнт кореляції між NDVI та температурою земної поверхні  
для весняного сезону

| Дати знімків    |                |            |            |                |
|-----------------|----------------|------------|------------|----------------|
| 09.04.2018      | 21.04.2019     | 07.04.2020 | 23.04.2020 | 27.05.2018     |
| <b>-0.663**</b> | <b>-0.785*</b> | -0.329     | -0.316     | <b>-0.787*</b> |

\* $p=0.01$  (вірогідність помилки – 1%) [17]

\*\* $p=0.05$  (вірогідність помилки – 5%) [17]

Для літнього періоду було проаналізовано дані 5-ти знімків: 3-х знімків за червень та 2-х за липень. У літні місяці досить чітко візуально простежується зона формування острова тепла. Центром цього явища є центр міста. У більш віддалені райони цей ефект просувається головним чином вздовж центральних автомагістралей та промислових зон. Різниця між гарячими центральними зонами та лісовими масивами міста досягає 10 °С. Наявність парків та річок знижує температури у прилеглих до них місцях. Світлі осередки серед червоного кольору – парки та сквери, у яких температура на 5-9 °С нижча (рис.4).

Міська приватна забудова Харкова у віддалених від центру районах та у малих містах має схожі температурні показники за рахунок менш щільної забудови, відсутності завантажених доріг, промислових цехів та озеленення.

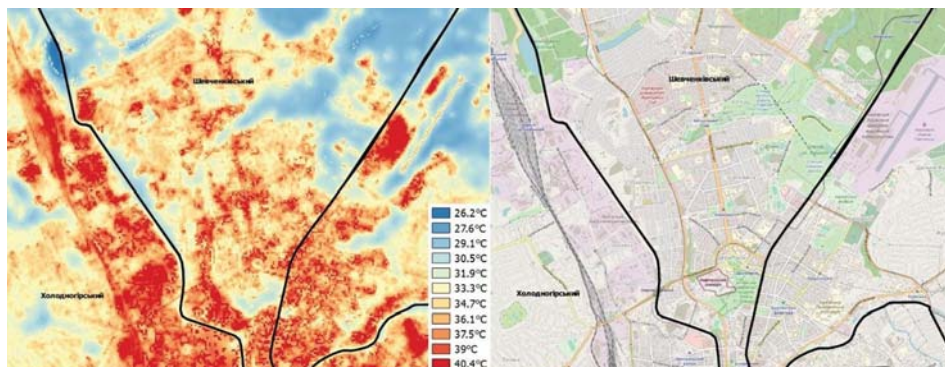


Рис. 4. Фрагменти карти LST та Open Street Map для ділянки центру м. Харкова за 10.06.2020

Fig. 4. Segment of LST map and Open Street Map for the central part of Kharkiv, date – 10.06.2020

Найвищі значення температури влітку простежуються у Слобідському районі, а найнижчі – у Київському. Температура по Харкову у середньому вища за температуру м. Люботин на 1.7-4.3 °С, що вказує на формування ефекту міського острова тепла.

Найнижчий показник озелененості влітку мають Слобідський та Московський райони, в той час як найбільш «зеленим» є Київський район. На другому місці за значеннями NDVI знаходиться Холодногірський район. У середньому озелененість Харкова на 16.62–26.96 % нижча, ніж у Люботині.

За даними кореляційного аналізу було визначено стійку від'ємну лінійну залежність між ступенем озелененості території та температурою земної поверхні влітку для усіх наявних для цього сезону знімків (табл. 5).

Таблиця 5

Коефіцієнт кореляції між NDVI та температурою земної поверхні для літнього сезону

| Дати знімків |            |            |            |            |
|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 21.06.2018   | 15.06.2019 | 10.06.2020 | 30.07.2018 | 03.07.2020 |
| -0.910*      | -0.949*    | -0.982*    | -0.937*    | -0.989*    |

\* $r=0.01$  (вірогідність помилки – 1 %) [17]

Отримані дані свідчать про наявність ефекту міського острова тепла на території м. Харкова у літній період, що може спричинити підвищення температури на 1.7–4.3 °С порівняно з невеликим містом.



Існує чітко виражена лінійна залежність між озелененням території та її температурою. Це дає змогу стверджувати, що для зменшення проявів ефекту міського острова тепла додаткове озеленення території міста буде високоефективним заходом.

Аналіз 20 знімків супутника Landsat 8 для території м. Харкова та його передмістя дав змогу виявити такі основні особливості температурного режиму міста:

- ефект міського острова тепла на території Харкова чітко формується у літній та зимовий сезони року;
- у перехідні сезони (весна та осінь) не було виявлено чітких ознак формування досліджуваного явища;
- влітку визначається наявність негативної лінійної кореляції між NDVI та температурою земної поверхні; наявність зелених насаджень здатна знижувати температуру;
- взимку визначається наявність позитивної лінійної кореляції між NDVI та температурою земної поверхні, що забезпечує краще збереження тепла на території, вкритої рослинністю;
- весною 2018 та 2019 років визначалась наявність негативної лінійної кореляції між NDVI та температурою земної поверхні, однак за даними за 2020 рік такої залежності не було визначено;
- найвищі значення температури частіше за інші райони мав Слобідський район, в той час як значення NDVI для нього були одні з найнижчих;
- Київський район має найвищий показник NDVI серед районів Харкова; також він має, зазвичай, найнижчі значення температури у теплу пору року.

**Рекомендації щодо регулювання температурного режиму м. Харкова.** Отримані під час даного дослідження дані свідчать про нерівномірний розподіл зелених насаджень на території міста Харкова, через що у деяких районах (особливо у Слобідському, Індустріальному, Московському та Основ'янському) формуються несприятливі мікрокліматичні умови для життя і здоров'я населення у теплу пору року.

На основі отриманих результатів ми пропонуємо здійснити ряд заходів щодо регулювання температурного режиму м. Харкова:

1. Для районів міста, що мають високі значення температури та низький показник вегетації, спланувати заходи із додаткового озеленення території за рахунок:

- (у випадках, коли це можливо) створення додаткових зелених зон (парків, скверів), беручи до уваги, що на даній території необхідно мінімізувати площу поверхні, вкритої штучними покриттями, та збільшити площу, вкриту зеленими насадженнями;
  - проведення перевірки наявних зелених насаджень та розробки плану заходів із поліпшення їх стану за необхідності.
2. Створення зон прохолоди влітку (наприклад, споруджувати фонтани) для забезпечення населення даних районів можливістю літнього відпочинку на свіжому повітрі поблизу місця проживання.
3. Додаткове озеленення фасадів та дахів будівель для запобігання надмірного нагріву поверхонь.
4. Використання штучних покриттів поверхонь, що дозволять певним чином зберегти рослинний покрив на таких ділянках.
5. Перегляд генерального плану міста на предмет врахування температурного режиму даної території під час виділення зон різного призначення.
6. Проведення подальших досліджень впливу зелених насаджень на зменшення температури влітку. Визначення типів зелених насаджень та видів рослин, що можуть забезпечити максимальну ефективність заходів із озеленення території м. Харкова.
7. Проведення досліджень інших факторів впливу на температурний режим міста для комплексної оцінки чинників формування міського острова тепла. Результати таких досліджень зможуть надати додаткову інформацію, необхідну для більш точного розуміння механізмів формування температурного режиму великого міста, а також подальшої розробки плану дій для прийняття зважених та науково обґрунтованих управлінських рішень.

Основні рекомендації щодо регулювання температурного режиму м. Харкова можна розділити на короткострокові та довгострокові:

- до короткострокових заходів належать дії з додаткового озеленення території міста, створення зон прохолоди;
- до довгострокових заходів належать стратегічні зміни підходів до міського планування, проведення наукових досліджень для виявлення оптимальних параметрів озеленення території міста.



## Висновки

1. Ефект міського острова тепла - це поширене явище, що виникає на території великих міст і досліджується на рівні макро- та мікроклімату. Явище міського острова тепла досліджується з 1820 року і, поряд з проблемою глобальної зміни клімату, у даний час стає все більше актуальним. Його вивчення дасть змогу приймати науково обґрунтовані управлінські рішення.

2. Аналіз 20 знімків супутника Landsat 8 для території м. Харкова та його передмістя дав змогу виявити такі основні особливості температурного режиму міста: ефект міського острова тепла на території Харкова чітко формується у літній та зимовий сезони року; у перехідні сезони (весна та осінь) не було виявлено чітких ознак формування досліджуваного явища. Для території Люботина не було виявлено ознак формування міського острова тепла.

3. Влітку визначається наявність негативної лінійної кореляції між NDVI та температурою земної поверхні; наявність зелених насаджень здатна знижувати температуру; взимку визначається наявність позитивної лінійної кореляції між NDVI та температурою земної поверхні, що забезпечує краще збереження тепла на території, вкритої рослинністю; весною 2018 та 2019 років визначалась наявність негативної лінійної кореляції між NDVI та температурою земної поверхні, однак за даними за 2020 р. такої залежності не було визначено.

4. Найвищі значення температури частіше за інші райони мав Слобідський район, в той час як значення NDVI для нього були одні з найнижчих. Київський район має найвищий показник NDVI серед районів Харкова; також він має, зазвичай, найнижчі значення температури у теплу пору року, що говорить про найбільшу площу зелених насаджень серед районів міста.

5. Основні рекомендації щодо регулювання температурного режиму м. Харкова можна розділити на короткострокові та довгострокові: до короткострокових заходів належать дії з додаткового озеленення території міста, створення зон прохолоди; до довгострокових заходів належать стратегічні зміни підходів до міського планування, проведення наукових досліджень для виявлення оптимальних параметрів озеленення території міста.

---

## Список використаних джерел до розділу

1. The Intergovernmental Panel on Climate Change. URL: <https://www.ipcc.ch> (дата звернення: 12.09.2020)
2. Экология города: учебник / под общ. ред. Ф. В. Стольберга. Киев: Либра, 2000. 464 с.

3. Метеорологія і кліматологія: підручник / за ред. С. М. Степаненка. Одеса, 2008. 533 с.
4. Кобрін В. М., Вамболь В. В., Клеєвська В. Л., Яковлев Л. Б. Метеорологія і кліматологія: навч. посібник. Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2006. 82 с.
5. The effect of Urban Heat Island. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Kamyar\\_Fuladlu/publication/326316773/figure/fig1/AS:647083254087680@1531288078181/The-effect-of-Urban-Heat-Island-UHI.png](https://www.researchgate.net/profile/Kamyar_Fuladlu/publication/326316773/figure/fig1/AS:647083254087680@1531288078181/The-effect-of-Urban-Heat-Island-UHI.png) (дата звернення: 03.10.2020)
6. Jian Peng, Jinglei Jia, Yanxu Liu, Huilei Li, Jiansheng Wu. Seasonal contrast of the dominant factors for spatial distribution of land surface temperature in urban areas. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 215. 2018. p. 255-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.010>. (дата звернення: 18.09.2020)
7. Juuso Suomi, Jukka Käyhkö. The impact of environmental factors on urban temperature variability in the coastal city of Turku, SW Finland. *International Journal of Climatology*. 2012. Vol. 32 (3). P. 451-463. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.2277> (дата звернення: 18.09.2020)
8. Marie K. Svensson, Ingegärd Eliasson. Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. *Landscape and Urban Planning*. 2002. Vol. 61 (1). P. 37-54. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00076-2) (дата звернення: 19.09.2020)
9. Weiqi Zhou, Ganlin Huang, Mary L. Cadenasso. Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 2011. Vol. 102 (1). P. 54-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.009> (дата звернення: 17.09.2020)
10. Федонюк М. А., Федонюк В. В. Проблеми теплового забруднення селітєбних територій: дослідження та моніторинг. URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/ebzp\\_2017\\_1\\_30.pdf](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ebzp_2017_1_30.pdf) (дата звернення: 10.09.2020)
11. Kumar S., Bhaskar U., Padmakumari K. Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using Landsat ETM+ image. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 2012. Vol. 4 (02). P. 771-778. URL: [https://www.researchgate.net/publication/285201553\\_Estimation\\_of\\_Land\\_Surface\\_Temperature\\_to\\_Study\\_Urban\\_Heat\\_Island\\_Effect\\_Using\\_Landsat\\_ETM\\_1\\_Image](https://www.researchgate.net/publication/285201553_Estimation_of_Land_Surface_Temperature_to_Study_Urban_Heat_Island_Effect_Using_Landsat_ETM_1_Image) (дата звернення: 11.09.2020)
12. Majkowska A., Kolendowicz L., Pórolniczak M., Hauke J., Czernecki B. The urban heat island in the city of Poznań as derived from Landsat 5 TM. *Theoretical and Applied Climatology*. 2017. Vol. 128, p. 769-783. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00704-016-1737-6.pdf> (дата звернення: 22.09.2020)
13. Barbieri T., Despini F., Teggi S. A Multi-Temporal Analyses of Land Surface Temperature Using Landsat-8 Data and Open Source Software: The Case Study of Modena, Italy. *Sustainability*, 2018. Vol. 10 (5). DOI: <https://doi.org/10.3390/su10051678> (дата звернення: 18.09.2020)
14. USGS GloVis. URL: <https://glovis.usgs.gov/app> (дата звернення: 12.09.2020)
15. Landsat 8. URL: [https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con) (дата звернення: 12.09.2020)
16. Digital Infrared Probe Thermometer , LCD Display Handheld Infrared Temp Gun. URL: <http://www.peak-meter.com/sale-10735664-digital-infrared-probe-thermometer-lcd-display-handheld-infrared-temp-gun.html> (дата звернення: 26.09.2020)
17. Таблица критических значений корреляции Пирсона. URL: <https://statpsy.ru/pearson/tablica-pirsona/> (дата звернення: 05.10.2020)



## References to the chapter

1. The Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc.ch>
2. Stolberg, F. V. (Ed.). (2000). *Ecology of the city: textbook*. Kyiv: Libra. 464.
3. Stepanenko, S. M. (Ed.). (2008). *Meteorology and climatology: textbook*. Odesa. 533.
4. Kobrin, V. M., Vambol, V. V., Kleevska, V. L. & Yakovlev, L. B. (2006). *Meteorology and climatology: teaching manual*. Kharkiv: National Aerocosm. Kharkiv University aviation Institute of Technology". 82.
5. The effect of Urban Heat Island. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Kamyar\\_Fuladlu/publication/326316773/figure/fig1/AS:647083254087680@1531288078181/The-effect-of-Urban-Heat-Island-UHI.png](https://www.researchgate.net/profile/Kamyar_Fuladlu/publication/326316773/figure/fig1/AS:647083254087680@1531288078181/The-effect-of-Urban-Heat-Island-UHI.png)
6. Jian, Peng, Jinglei, Jia, Yanxu, Liu, Huilei, Li & Jiansheng, Wu. (2018). Seasonal contrast of the dominant factors for spatial distribution of land surface temperature in urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 215, 255-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.010>
7. Juuso, Suomi, Jukka, Käyhkö. (2012). The impact of environmental factors on urban temperature variability in the coastal city of Turku, SW Finland. *International Journal of Climatology*, 32 (3), 451-463. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.2277>
8. Marie K., Svensson, Ingegärd, Eliasson. (2002). Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 61 (1). 37-54. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00076-2)
9. Weiqi, Zhou, Ganlin, Huang, Mary L., Cadenasso. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 102 (1), 54-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.009>
10. Fedonyuk, M. A., Fedonyuk, V. V. Problems of thermal pollution of residential areas: research and monitoring. Retrieved from [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/ebzp\\_2017\\_1\\_30.pdf](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ebzp_2017_1_30.pdf)
11. Kumar, S., Bhaskar, U., Padmakumari, K. (2012). Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using Landsat ETM+ image. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4 (02). 771-778.
12. Majkowska, A., Kolendowicz L., Pórolniczak, M. & Hauke, J., Czernecki B. (2017). The urban heat island in the city of Poznań as derived from Landsat 5 TM. *Theoretical and Applied Climatology*, 128, 769-783. Retrieved from URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00704-016-1737-6.pdf>
13. Barbieri, T., Despini, F., Teggi, S. (2018). A Multi-Temporal Analyses of Land Surface Temperature Using Landsat-8 Data and Open Source Software: The Case Study of Modena, Italy. *Sustainability*, 10 (5). DOI: <https://doi.org/10.3390/su10051678>
14. USGS GloVis. Retrieved from <https://glovis.usgs.gov/app>
15. Landsat 8. Retrieved from [https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con)
16. Digital Infrared Probe Thermometer , LCD Display Handheld Infrared Temp Gun. Retrieved from <http://www.peak-meter.com/sale-10735664-digital-infrared-probe-thermometer-lcd-display-handheld-infrared-temp-gun.html>
17. Table of critical values of the Pearson correlation. Retrieved from <https://statpsy.ru/pearson/tablica-pirsona/>

### **3.7. INNOVATIONS IN THE ORGANIZATION, RESEARCH AND MANAGEMENT OF WATER PROTECTION ZONES OF RIVERS IN LARGE CITIES**

---

### **3.7. ІННОВАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ, ДОСЛІДЖЕННІ ТА УПРАВЛІННІ ВОДОХОРОННИМИ ЗОНАМИ РІЧОК У ВЕЛИКИХ МІСТАХ**

#### **KLIESHCH Anastasiia**

PhD (Geography), Associate professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine,  
klieshch@karazin.ua  
orcid.org/ 0000-0003-1379-1043

#### **MAKSYMENKO Nadiya**

Doctor of Sciences (Geography), Full Professor, Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine,  
maksymenko@karazin.ua  
orcid.org/0000-0002-7921-9990

Water protection zones play a very important role in the formation and maintenance of the full functioning of the green and blue infrastructure of modern cities. Traditionally, post-Soviet cities have violations in the arrangement of the water protection zone,



namely, a decrease in its width, violation of operating rules, construction, cluttering, and unauthorized outflows of wastewater. In order to ensure the fulfillment of ecological functions by the water protection zone, a comprehensive study of the relief was carried out using GIS technologies, "weak" points were identified and ways to eliminate them were developed. Using the example of the Uda River catchment, a series of cartographic models was compiled, including of transformation of landscapes, zoning of the territory of the water protection zone of the Uda River within the city of Kharkiv was carried out in the directions of normalization of anthropogenic load, and recommendations were developed for the optimization of nature use for each of the zones. On the example of the Kharkiv River catchment, field studies were conducted, samples of water and bottom sediments were taken in different sections of the stream. On the basis of their chemical analysis, clustering was carried out and areas with different geochemical characteristics were selected. Targeted recommendations for improving the ecological state of the aquatic anthropogenic landscape of the Kharkiv River within the city limits for the site of each cluster have been developed.

**Keywords:** Blue infrastructure, water protection zone, ecological functions, landscape transformation, water anthropogenic landscape.

**КЛЄЩ Анастасія Анатоліївна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, ННІ екології, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
klishch@karazin.ua orcid.org/0000-0003-1379-1043

**МАКСИМЕНКО Надія Василівна** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, ННІ екології, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна,  
maksymenko@karazin.ua orcid.org/0000-0002-7921-9990

Водоохоронні зони відіграють дуже важливу роль у формуванні та підтримці повноцінного функціонування зелено-блакитної інфраструктури сучасних міст. Традиційно пострадянські міста мають порушення в облаштуванні водоохоронної зони, а саме – зменшення її ширини, порушення правил експлуатації, забудова, захаращення та несанкціоновані витоки стічних вод. Для забезпечення виконання водоохоронною зоною екологічних функцій проведено комплексне дослідження рельєфу із застосуванням ГІС-технологій, виявлено «слабкі» точки і розроблено шляхи їх усунення. На прикладі водозбору р. Уди складено серію картографічних моделей, у т.ч. трансформації ландшафтів, здійснено зонування території водоохоронної зони р. Уди в межах м. Харків за напрямками нормування антропогенного навантаження та розроблено рекомендації з оптимізації природокористування для кожної із зон. На прикладі водозбору р. Харків проведено натурні дослідження, відібрано зразки води і донних відкладів на різних ділянках течії. На основі їх хімічного аналізу здійснено кластеризацію та виділено ділянки, що відрізняються геохімічними характеристиками. Розроблено адресні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану водного антропогенного ландшафту р. Харків у міста для ділянки кожного кластера.

**Ключові слова:** Блакитна інфраструктура, водоохоронна зона, екологічні функції, трансформація ландшафту, водний антропогенний ландшафт.

Сучасні міста являють собою приклади максимально антропогенізованих ландшафтів: їх межі спостерігається докорінна «перебудова» не тільки всіх природних компонентів, але й територіальних структур природних ландшафтів. Трансформація басейнової структури ландшафту у ході містобудівного освоєння має ряд прямих та опосередкованих негативних екологічних наслідків, серед яких – активізація небезпечних геологічних та гідро-геологічних процесів, скорочення біорізноманіття та втрата цінних природних комплексів тощо. Все це свідчить про необхідність особливої уваги до дослідження механізмів процесів та оцінки сучасного ступеня трансформації «міських» водозбірних басейнів задля вирішення проблеми нормування антропогенного навантаження на них. Забезпечення екологічної сталості міст можливе лише за умови раціональної організації їхньої територіальної структури землекористування, що здатна підтримувати природну структуру та екологічні функції ландшафтів водозбірних басейнів річок.

Загальне поняття водозбірного басейну можливо тлумачити як певну площу земної поверхні, з якої шляхом поверхневого та підземного стоку вода та атмосферні опади виносяться у русловий потік. Кордоном водозбірного басейну є вододільна територія або вододіл, що відділяє стік однієї річної системи від іншої.

Водозбірний басейн являє собою ландшафтно-територіальну басейнову структуру, що є складною системою взаємопов'язаних та взаємозалежних підсистем. За М. Д. Гродзинським, ландшафтно-територіальна басейнова структура складається з наступних підсистем: заплавні геосистеми, надзаплавні тераси (представлені переважно боровими терасами), схилів підсистем та вододільно-рівнинні підсистем [1]. Кожна підсистема має свої характерні риси та відіграє свою функціональну роль у ландшафтно-територіальній басейновій структурі (рис. 1).

Підсумовуючи зазначене вище, зробимо висновок, що забезпечення екологічної стійкості ландшафтів з басейновою територіальною структурою має ґрунтуватись на підтримці їх екологічних функцій.

Отже, у фокусі наукових досліджень антропогенної трансформації ландшафтів має бути пошук та обґрунтування таких параметрів системи землекористування, яка б дала змогу підтримувати баланс між екологічними та суспільними функціями ландшафту. У якості одиниць диференціації ландшафту водозбірного басейну для здійснення порівняльної оцінки ступенів антропогенної трансформації обрано території складових його структури: заплавної, надзаплавно-терасової (борової), схилової та вододільно-рівнинної підсистем.



Рис. 1. Характерні риси та роль окремих підсистем у функціонуванні басейнової територіальної структури ландшафту [1]

Fig. 1. Characteristic features and the role of individual subsystems in the functioning of the basin territorial structure of the landscape [1]

Для визначення просторової конфігурації та площ кожної з підсистем ландшафту водозбірного басейну в межах міста Харків здійснено морфометричний аналіз рельєфу. У якості основного джерела даних про рельєф досліджуваної території використовувався векторизований картографічний твір з висотою перерізу рельєфу в 1 м.

Оскільки поверхневі водойми м. Харків належать до басейну р. Уди, у якості прикладу в дослідженні використано водозбірний басейн цієї річки і розроблено рекомендації щодо організації її водоохоронної зони.

Перший етап – аналіз рельєфу басейну р. Уди у межах міста починається зі створення векторизованого картографічного твору (рис. 2).

За вихідними даними про рельєф території дослідження у геоінформаційному середовищі побудовано псевдотривимірну цифрову модель рельєфу методом триангуляції Делоне. Картографічний твір, що візуалізує одержану модель даних триангульованої нерегулярної мережі (TIN) значень відміток висот, представлений на рисунку 3.

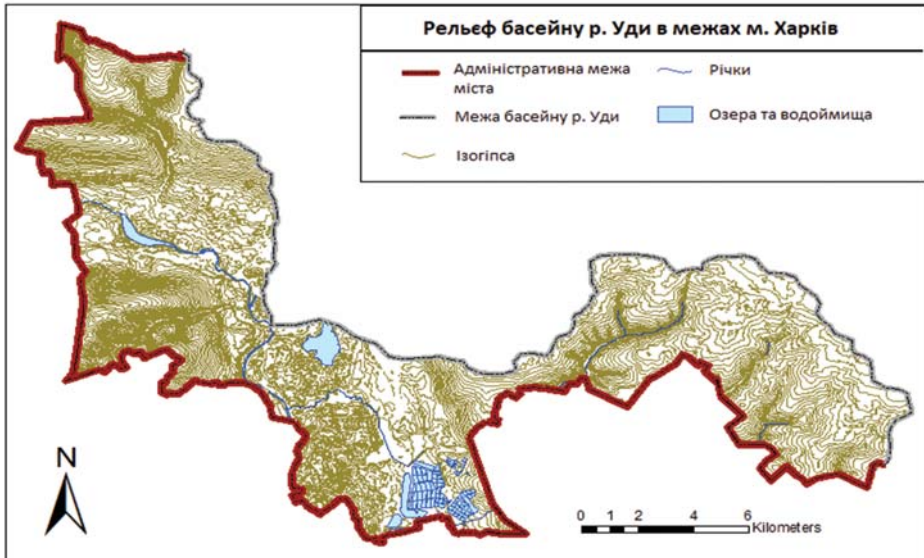


Рис. 2. Рельєф водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків [2]

Fig. 2. Relief of the Udy river catchment basin within Kharkiv [2]

Рис. 3. TIN-модель рельєфу водозбірного басейну  
р. Уди в межах м. Харків [2]Fig. 3. TIN-model for the relief of the Udy river catchment basin  
within Kharkiv [2]

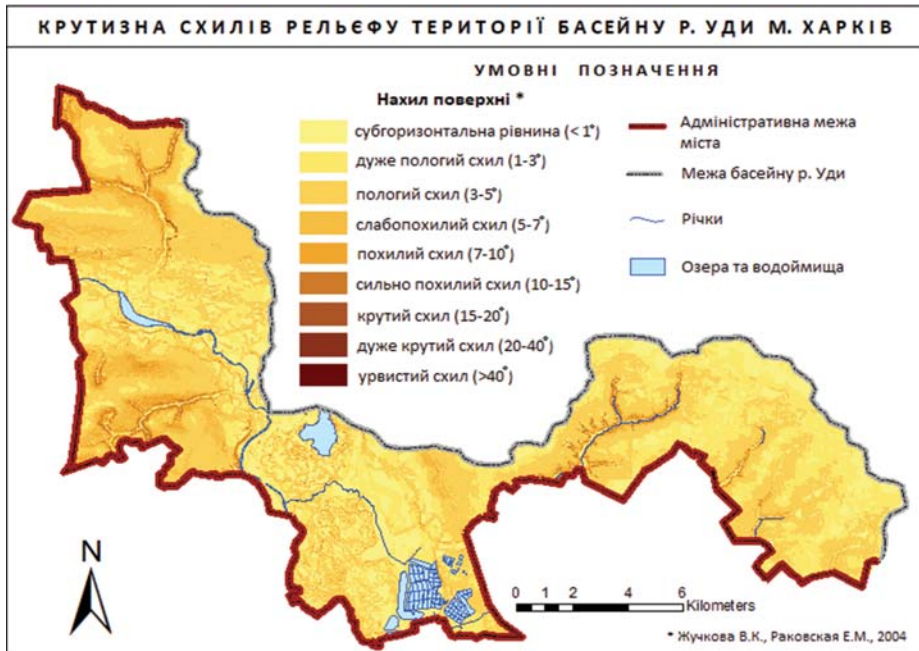


Рис. 4. Крутизна схилів рельєфу території водозбірному басейну р. Уди в межах м. Харків [2]

Fig. 4. The relief slopes steepness of the Udy river catchment area within Kharkiv [2]

За допомогою використання інструментів геообробки поверхні TIN-моделі рельєфу здійснено операції аналізу поверхні на предмет встановлення діапазону значень величини її ухилу та експозиції. Результати даного аналізу, виконаного засобами геоінформаційних інструментів, втілились у картографічні твори відповідного змісту, що містять інформацію стосовно крутизни (рис. 4) та експозиції схилів (рис. 5) території дослідження.

Систематизувавши і узагальнивши одержані морфометричні характеристики рельєфу, визначено положення та межі кожної структурної підсистеми водозбірному басейну [3]. Результуючий картографічний твір, що відображає просторову конфігурації підсистем водозбірному басейну, наведено на рисунку 6.

Результати обчислень площ виділених підсистем водозбірному басейну засобами картометричних операцій представлені у таблиці 1.

Для потреб оцінки ступеня **антропогенної трансформації ландшафту** водозбірному басейну р. Уди в межах м. Харків у якості вихідної інформації використано дані дослідження з інвентаризації територіальної структури природокористування м. Харків для потреб ландшафтного планування [4].

Таблиця 1

Площі підсистем ландшафту водозбірного басейну  
р. Уди в межах м. Харків [2]

| № | Підсистеми ландшафту водозбірного басейну | Площа, (км <sup>2</sup> ) |
|---|---|---------------------------|
| 1 | Заплавна підсистема                       | 9,83926                   |
| 2 | Надзаплавно-терасова (борова) підсистема  | 24,8754                   |
| 3 | Схилова підсистема                        | 20,3272                   |
| 4 | Вододільно-рівнинна підсистема            | 61,1754                   |
| 5 | Водозбірний басейн                        | 116,21726                 |

Загалом в межах досліджуваної території в ході урбанізаційного процесу історично склалась достатньо складна та строката структура природокористування, представлена землекористуваннями селищного, індустриального, транспортного, захисно-рекреаційного та аграрного функціонального призначення [4].

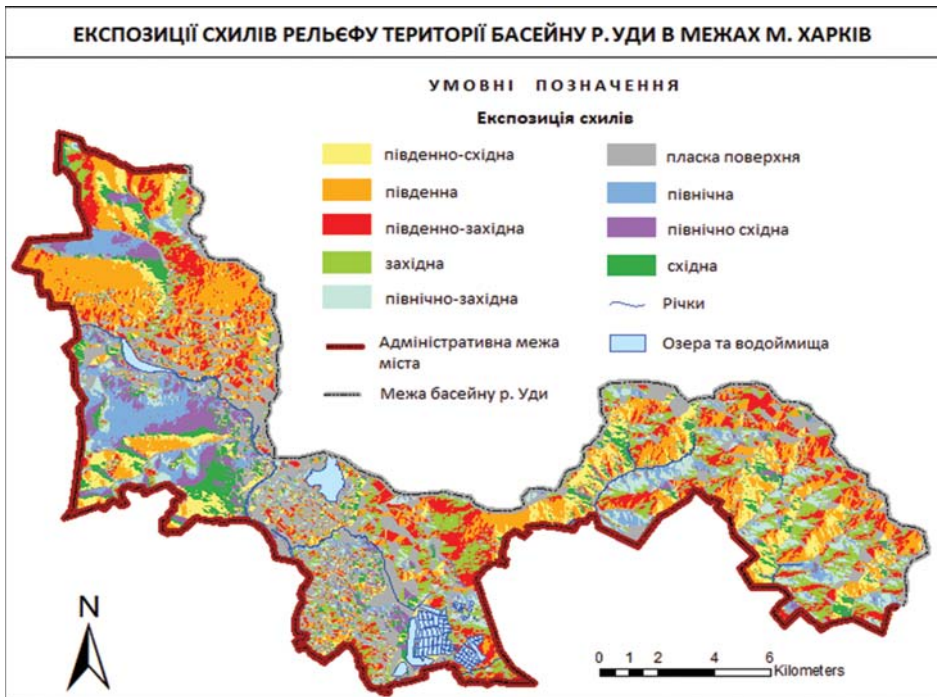


Рис. 5. Експозиції схилів рельєфу території водозбірного басейну  
р. Уди в межах м. Харків [2]

Fig. 5. Exposures of the relief slopes of the Udy river catchment  
area within Kharkiv [2]



Задля розрахунку коефіцієнтів ступеня антропогенної трансформації ландшафту кожному з виявлених типів землекористувань на основі експертної оцінки присвоєно бал глибини перетворення природного ландшафту (табл. 2).

Таблиця 2

Експертна бальна оцінка відповідно до типів природокористування території водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків [2]

| №  | Типи природокористування                          | Експертна оцінка, (бали) |
|----|---|--------------------------|
| 1  | Природоохоронні території                         | 1                        |
| 2  | Ліси (міські ліси та лісосмуги)                   | 2                        |
| 3  | Аквальный тип                                     | 2                        |
| 4  | Болота й заболочені землі                         | 3                        |
| 5  | Пустирі   | 3                        |
| 6  | Луки  | 4                        |
| 7  | Сквери та парки, території стаціонарної рекреації | 5                        |
| 8  | Сільсько-господарські угіддя                      | 6                        |
| 9  | Кладовища   | 6                        |
| 10 | Індивідуальний підтип селищної забудови           | 7                        |
| 11 | Капітальний підтип селищної забудови              | 8                        |
| 12 | Транспортний тип                                  | 9                        |
| 13 | Індустріальний тип                                | 10                       |

В результаті присвоєння вихідним даним геоінформаційної моделі атрибутивної інформації щодо відповідних балів глибини перетворення різними типами землекористування природного ландшафту території міста отримано картографічний твір (рис. 7), що наочно зображує просторову неоднорідність антропогенної трансформації.

З метою визначення ступеня трансформації кожного з типів підсистем ландшафту водозбірного басейну здійснено аналіз просторового поширення та обчислення площ виділених в їх межах різних типів землекористування. На основі одержаних даних щодо площ, зайнятих різними типами землекористування, визначено їх частку від території підсистеми, в межах якої вони розміщені, та розраховано значення коефіцієнта антропогенної трансформації ними.

Детально розглянемо особливості структури землекористування в межах кожної з підсистем ландшафту водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків та встановимо найвагоміші чинники їх трансформації.

Дані стосовно структури землекористування, що склалася в межах заплавної підсистеми досліджуваної території, представлені у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати визначення коефіцієнтів антропогенної трансформації заплавної підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків [2]

| №  | Типи землекористування                            | Площі, км <sup>2</sup> | Частка | Експертна оцінка, бали | Кап. ум. од |
|----|---|------------------------|--------|------------------------|-------------|
| 1  | Природоохоронні території                         | 0,27                   | 0,03   | 1                      | 0,03        |
| 2  | Ліси (міські ліси та лісосмуги)                   | 2,02                   | 0,2    | 2                      | 0,56        |
| 3  | Аквальної тип                                     | 0,86                   | 0,08   | 2                      |             |
| 4  | Болота й заболочені землі                         | 0,55                   | 0,05   | 3                      | 0,51        |
| 5  | Пустирі   | 1,18                   | 0,12   | 3                      |             |
| 6  | Луки  | 1,25                   | 0,12   | 4                      | 0,49        |
| 7  | Сквери та парки, території стаціонарної рекреації | 0,08                   | 0,01   | 5                      | 0,04        |
| 8  | Кладовища   | 0,01                   | 0,001  | 6                      | 0,01        |
| 9  | Індивідуальний підтип селищної забудови           | 2,03                   | 0,2    | 7                      | 1,39        |
| 10 | Капітальний підтип селищної забудови              | 0,1                    | 0,01   | 8                      | 0,08        |
| 11 | Транспортний тип                                  | 0,66                   | 0,061  | 9                      | 0,58        |
| 12 | Індустріальний тип                                | 1,25                   | 0,12   | 10                     | 1,22        |

Отже, можемо констатувати, що в межах заплави найбільші площі зайняті територіями міських лісів та санітарно-захисних лісосмуг, які характеризуються незначною глибиною змін природного ландшафту. Також значного територіального поширення набули землі селищної забудови індивідуального підтипу. Відмітимо, що поширення селищної забудови капітального підтипу натомість є вкрай низькою: на частку багатоповерхової забудови припадає 1%. Крім того, найменші площі зайняті скверами, парками, кладовищами та природоохоронними територіями, значення їх площі в межах заплавної підсистеми – до 1%. Промислові підприємства та інші об'єкти індустріального типу землекористування займають близько 12% від загальної території заплави р. Уди в межах міста.



Рис. 6. Басейнова структура ландшафту р. Уди в межах м. Харків [2]

Fig. 6. Basin structure of the landscapes in the Udy river within Kharkiv [2]

Аналізуючи результати коефіцієнта антропогенної трансформації ландшафтних комплексів заплавної підсистеми водозбірного басейну, можна побачити, що типами землекористування, які визначають ступінь трансформації, є індивідуальний підтип селищної забудови та індустріальний тип.

Результати обчислень характеристик територіальної структури землекористування надзаплавно-терасової (борової) підсистеми наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Результати визначення коефіцієнтів антропогенної трансформації надзаплавно-терасової (борової) підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків [2]

| № | Типи землекористування          | Площі, (км <sup>2</sup> ) | Частка | Експертна оцінка, (бали) | Кап, ум. од |
|---|---------------------------------|---------------------------|--------|--------------------------|-------------|
| 1 | Природоохоронні території       | 0,55                      | 0,02   | 1                        | 0,71        |
| 2 | Ліси (міські ліси та лісосмуги) | 7,41                      | 0,27   | 2                        |             |
| 3 | Аквальної тип                   | 2,38                      | 0,09   | 2                        | 0,29        |
| 4 | Болота й заболочені землі       | 0,14                      | 0,01   | 3                        |             |
| 5 | Пустирі                         | 2,52                      | 0,09   | 3                        |             |

|    |   |      |        |    |      |
|----|---|------|--------|----|------|
| 6  | Луки                                    | 0,4  | 0,01   | 4  | 0,06 |
| 7  | Сільсько-господарські угіддя            | 0,01 | 0,0004 | 6  | 0,07 |
| 8  | Кладовища                               | 0,3  | 0,01   | 6  |      |
| 9  | Індивідуальний підтип селищної забудови | 4,97 | 0,183  | 7  | 1,26 |
| 10 | Капітальний підтип селищної забудови    | 0,44 | 0,02   | 8  | 0,13 |
| 11 | Транспортний тип                        | 1,44 | 0,05   | 9  | 0,47 |
| 12 | Індустріальний тип                      | 7,02 | 0,25   | 10 | 2,55 |

Серед всіх землекористувань на території надзаплавно-терасової (борової) підсистеми найбільшим поширеними за територіальним охоптом є такі, яким притаманно 2 бали глибини зміни природного ландшафту (міські ліси та території, зайняті під водними об'єктами). Другими за поширенням є території індустріальних землекористувань. Найменшу площу борової підсистеми займають

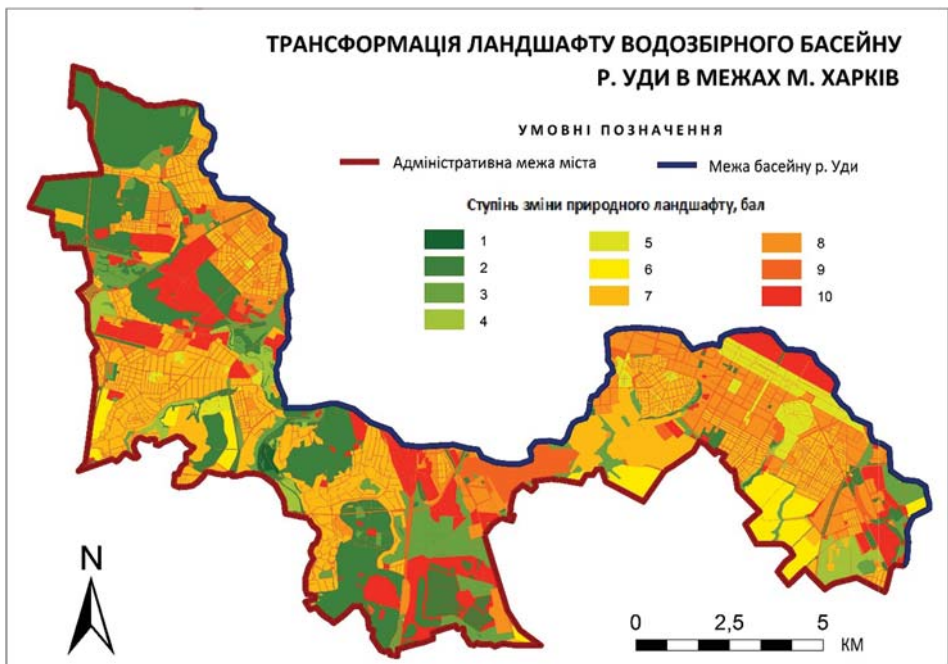


Рис. 7. Трансформація ландшафту водозбірною басейну  
р. Уди в межах м. Харків [2]

Fig. 7. Landscape transformations in the Udy river catchment basin  
withing Kharkiv [2]



сільсько-господарські угіддя та кладовища, яким присвоєно 6-ий бал експертної оцінки.

Щодо внеску окремих типів землекористувань у формування загального рівня трансформації територій борової тераси, то найбільші значення даного коефіцієнту притаманні індустріальному типу та селищній забудові індивідуального підтипу.

У таблиці 5 містяться дані щодо структури землекористування та трансформації схилової підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків.

Таблиця 5

Результати визначення коефіцієнтів антропогенної трансформації  
схилової підсистеми водозбірного басейну  
р. Уди в межах м. Харків [2]

| №  | Типи землекористування                               | Площі,<br>(км <sup>2</sup> ) | Частка | Експертна<br>оцінка, (бали) | Кап,<br>ум. од |
|----|--|------------------------------|--------|-----------------------------|----------------|
| 1  | Природоохоронні території                            | 0,3                          | 0,01   | 1                           | 0,01           |
| 2  | Ліси (міські ліси та лісосмуги)                      | 4,25                         | 0,21   | 2                           | 0,43           |
| 3  | Аквальный тип  | 0,13                         | 0,01   | 2                           |                |
| 4  | Болота й заболочені землі                            | 0,05                         | 0,002  | 3                           | 0,34           |
| 5  | Пустирі  | 2,2                          | 0,11   | 3                           |                |
| 6  | Луки   | 0,65                         | 0,03   | 4                           | 0,13           |
| 7  | Сквери та парки, території<br>стаціонарної рекреації | 0,42                         | 0,02   | 5                           | 0,1            |
| 8  | Сільсько-господарські угіддя                         | 1,4                          | 0,07   | 6                           | 0,43           |
| 9  | Кладовища  | 0,07                         | 0,003  | 6                           |                |
| 10 | Індивідуальний підтип<br>селищної забудови           | 7,26                         | 0,36   | 7                           | 2,51           |
| 11 | Капітальний підтип селищної<br>збудови               | 0,92                         | 0,05   | 8                           | 0,36           |
| 12 | Транспортний тип                                     | 1,57                         | 0,08   | 9                           | 0,7            |
| 13 | Індустріальний тип                                   | 1,05                         | 0,05   | 10                          | 0,52           |

На території схилової підсистеми ландшафту водозбірного басейну практично половину усієї площі підсистеми займає індивідуальний підтип селищної забудови, якому відповідає високий бал глибини змін природних ландшафтів (7 балів). Загалом же більша частина території даної підсистеми зайнята типами природокористування, глибина змін природного ландшафту яких становить від 6 балів до 10 балів.

Для вододільно-рівнинної підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків притаманні наступні показники площ різних видів землекористування та відповідних їм значень коефіцієнтів антропогенної трансформації (табл. 6).

З даних, наведених у таблиці 6, видно, що найбільші площі в межах території даної підсистеми займають землекористування індивідуальної та капітальної селищної забудови, міських лісів, транспортної інфраструктури та промислових підприємств. Більшість із наведених типів землекористувань характеризуються високими значеннями експертних балів перетвореності природного ландшафту.

Найбільшу частку території вододільно-рівнинної підсистеми займають типи землекористувань з балами від 7 до 10, за винятком міських лісокористувань, котрі мають експертну оцінку 2 бали.

Оскільки найбільша частка території вододільно-рівнинної території зайнята територіями з високими балами глибини змін природних ландшафтів, це зумовило значно вищий рівень показників антропогенної трансформації її ландшафтів, ніж у попередніх підсистем водозбірного басейну.

Таблиця 6

Результати визначення коефіцієнтів антропогенної трансформації вододільно-рівнинної підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків [2]

| № | Типи землекористування                            | Площі, (км <sup>2</sup> ) | Частка | Експертна оцінка, (бали) | Кап, ум. од. |
|---|---|---------------------------|--------|--------------------------|--------------|
| 1 | Природоохоронні території                         | 0,39                      | 0,01   | 1                        | 0,01         |
| 2 | Ліси (міські ліси та лісосмуги)                   | 8,13                      | 0,14   | 2                        | 0,29         |
| 3 | Аквальный тип                                     | 0,35                      | 0,01   | 2                        |              |
| 4 | Болота й заболочені землі                         | 0,05                      | 0,001  | 3                        | 0,19         |
| 5 | Пустирі   | 3,56                      | 0,06   | 3                        |              |
| 6 | Луки  | 1,19                      | 0,02   | 4                        | 0,08         |
| 7 | Сквери та парки, території стаціонарної рекреації | 3,51                      | 0,06   | 5                        | 0,3          |
| 8 | Сільсько-господарські угіддя                      | 4,06                      | 0,07   | 6                        | 0,46         |
| 9 | Кладовища   | 0,40                      | 0,01   | 6                        |              |



|    |   |       |      |    |      |
|----|---|-------|------|----|------|
| 10 | Індивідуальний підтип селищної забудови | 13,30 | 0,23 | 7  | 1,6  |
| 11 | Капітальний підтип селищної забудови    | 10,41 | 0,18 | 8  | 1,43 |
| 12 | Транспортний тип                        | 6,37  | 0,11 | 9  | 0,99 |
| 13 | Індустріальний тип                      | 6,42  | 0,11 | 10 | 1,1  |

У таблиці 7 наведено результати підрахунку загальних коефіцієнтів антропогенної трансформації кожного з досліджуваних типів підсистем водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків та встановлено відповідний значенню цього показника ступінь антропогенної трансформації.

Відмітимо, що для всіх підсистем водозбірного басейну характерна наступна ситуація щодо територіальної структури землекористування: найменші площі зайняті природоохоронними територіями, а найбільші – індивідуальним підтипом селищної забудови та лісами в межах міста.

Таблиця 7

Коефіцієнти та ступені антропогенної трансформації підсистем водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків [2]

| № | Підсистеми ландшафту водозбірного басейну | Частка території, (%) | Кап, ум. од | Ступінь антропогенної трансформації, ум.од. |
|---|---|-----------------------|-------------|---|
| 1 | Заплавна підсистема                       | 8,47                  | 4,91        | Трансформовані ландшафти                    |
| 2 | Надзаплавно-терасова (борова) підсистема  | 21,4                  | 5,55        | Середньотрансформовані ландшафти            |
| 3 | Схилова підсистема                        | 17,49                 | 5,53        | Середньотрансформовані ландшафти            |
| 4 | Вододільно-рівнинна підсистема            | 52,64                 | 6,45        | Сильнотрансформовані ландшафти              |

Таким чином підсумуємо, що у результаті обчислення коефіцієнтів антропогенної трансформації кожної з підсистем водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків встановлено, що вододільно-рівнинна підсистема має найбільший ступінь трансформації ландшафтів (сильна трансформація).

Території ландшафтних комплексів надзаплавно-терасової (борової) та схилової підсистем визначаються як середньотрансформовані, з досить близькими значеннями коефіцієнта антропогенної трансформації – 5,55 та 5,53 умовних одиниць відповідно. Найменший ступінь перетвореності притаманний території заплавної підсистеми водозбірного басейну.

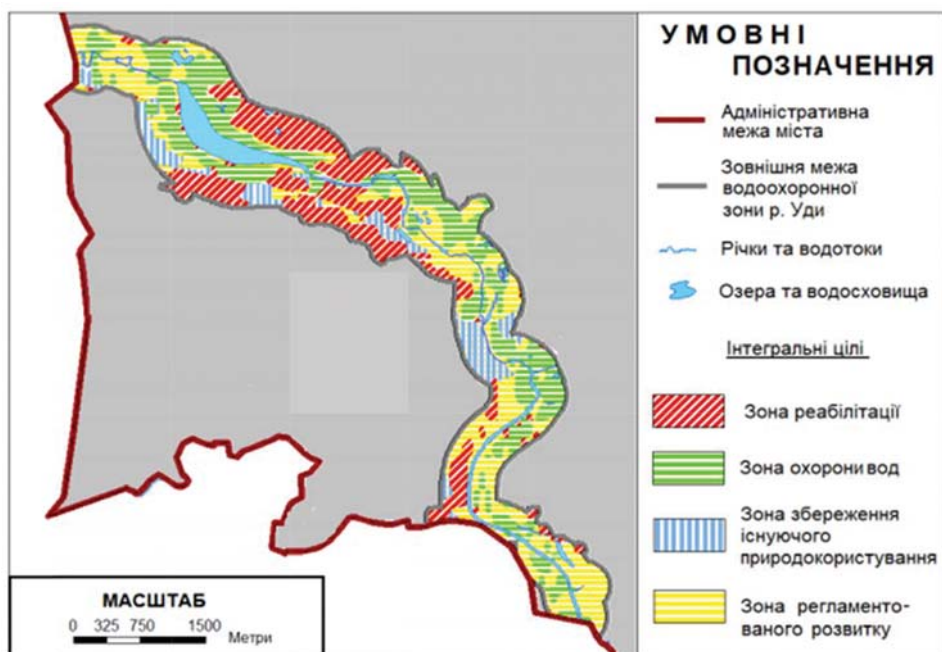


Рис. 8. Зонування території водоохоронної зони р. Уди в межах м. Харків за напрямками нормування антропогенного навантаження [5]

Fig. 8. Zoning of the water protective areas along the Udy river withing Kharkiv according to directions of anthropogenic pressure standards [5]

*Напрямки нормування антропогенного навантаження на ландшафтні комплекси заплавної підсистеми водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків*

Незважаючи на те, що ландшафтні комплекси заплавної підсистеми характеризуються найменшим ступенем трансформації, вони в екологічному відношенні є найбільш чутливими до впливу понаднормованого рівня антропогенного навантаження. Отже, саме ландшафтні комплекси заплавної підсистеми стали об'єктом для розробки системи заходів щодо нормування антропогенного навантаження та рекомендацій стосовно стратегічного планування використання її територій.

Значна частина заплавної підсистеми перебуває у особливому режимі нормування здійснення різних видів господарської діяльності – їй надано статус водоохоронної зони [5].

Відповідно до результатів проведеного дослідження запропоновано здійснити зонування території водоохоронної зони р. Уди



в межах м. Харків на основі даних стосовно глибини зміни природного ландшафту. Результатом є одержання картографічного твору, що представлений на рисунку 8.

Для кожної із виділених зон, а саме для зони реабілітації, зони охорони, зони збереження існуючої структури землекористування та зони розвитку надані рекомендації стосовно нормування рівня антропогенного навантаження та здійснення господарської діяльності в межах існуючих типів землекористувань, що містяться у таблиці 8.

Нормування рівнів антропогенного навантаження та раціональне планування містобудівної діяльності, що враховує особливості трансформації підсистем водозбірних басейнів, які знаходяться в їх межах, має стати одним із гарантів забезпечення їх екологічної сталості.

Таблиця 8

Характеристика зонування території водоохоронної зони  
р. Уди в межах м. Харків за напрямками нормування антропогенного навантаження [5]

| Зона              | Території, що увійшли до складу зони  | Рекомендації   |
|-------------------|---|--|
| Зона реабілітації | Промислові підприємства, багатоповерхова селищна забудова                                     | – обмеження промислової діяльності;<br>– нагляд за додержанням дозволів та лімітів на природокористування;<br>– зменшення навантаження на ландшафти даної зони.  |
| Зона охорони      | Території з високим водоохоронним потенціалом та незначною глибиною змін природного ландшафту | – охорона та збереження екологічних функцій ландшафтних комплексів даних територій як таких, що виконують водоохоронну функцію.                                  |
| Зона розвитку     | Території під пустирями   | – реконструкція території під велосипедні доріжки;<br>– створення скверів та парків;<br>– засадження території деревною та чагарниковою рослинністю.             |
| Зона збереження   | Території зайняті садоводачними ділянками та індивідуальною селищною забудовою                | – дотримання наявного на даний момент режиму природокористування з обмеженням створення промислових комплексів;<br>– контроль за внесенням добрив та пестицидів. |

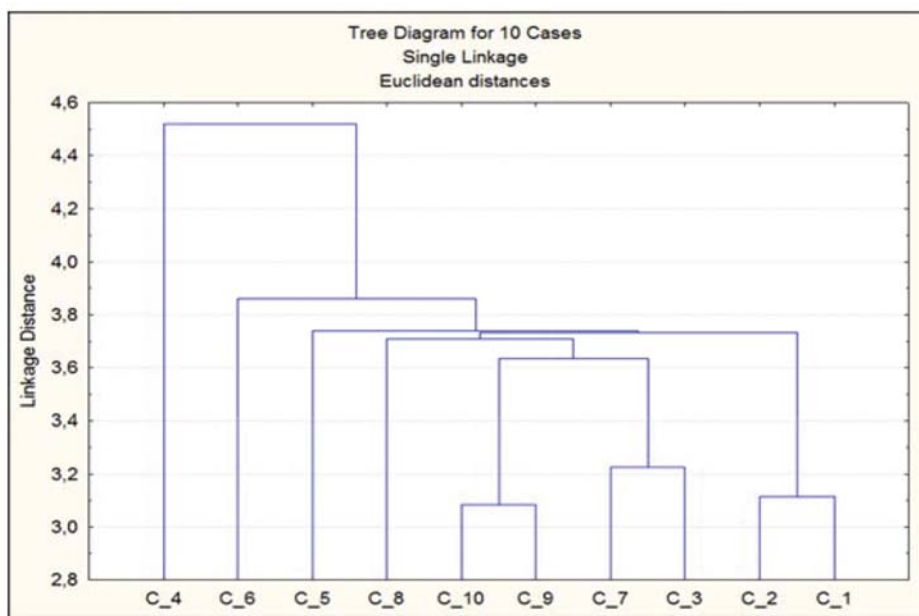


Рис. 9. Дендрит по 10 експериментальних ділянках р. Харків [6]

Fig. 9. Dendrite in 10 experimental sites along the Kharkiv river [6]

Для адекватності оцінки впливу водозбірного басейну на якість води у річці доцільно провести дослідження зміни хімічного складу води по течії, відбираючи зразки води в різних ділянках русла. На якість води в річках на вході в місто впливає склад поверхневого стоку, що надходить від розташованих вище за течією агрокомплексів, промислових підприємств і населених пунктів. Показники якості води в річках по окремих інгредієнтах перевищують гранично допустимі концентрації вже на вході у місто.

Поверхневий стік (талі та дощові води) в межах міста надходить до водних об'єктів майже без очистки, що погіршує хімічний склад води у річках та водоймах міста.

Через відсутність очисних споруд на мережах зливової каналізації об'єми конусів виносу піску в річищах збільшуються, що може призвести до перекривання русла. Як наслідок, мілини збільшуються в обсязі, заростають вологолюбною рослинністю, створюють сприятливі умови для розмноження личинок малярійного комара і хвороботворних бактерій, погіршують гідрологічний режим.

Для комплексної оцінки екологічного стану водно-антропогенних ландшафтів доцільно провести додаткові гідрохімічні дослідження

шляхом відбору зразків води по течії в ключових точках, для яких на наступному етапі ЛЕП будуть визначатись рекомендації цільового використання та оптимізації.

На прикладі р. Харків, яка є притокою р. Уди у межах міста, нами проведене дослідження якості водної екосистеми на 10 експериментальних ділянках з метою визначення можливості її використання для рекреації [6]. Дослідження проведене за такими показниками: прозорість, рН, лужність, залізо загальне, хлориди, аміак, нітрити, мідь, свинець, цинк, марганець, кадмій, алюміній.

Для статистичної обробки результатів використано кластерний аналіз, результатом якого стало створення дендриту (рис. 9). На його основі вздовж р. Харків виділено 6 категорій ділянок з різним рівнем антропогенного навантаження (рис. 10).

Також виявляються чинники найінтенсивнішого антропогенного впливу і території, для яких цей вплив має або матиме найбільш деструктивні параметри (наприклад, для ґрунтів з певними фізико-хімічними властивостями, гранулометричним складом – прояв ерозійних процесів). Поєднання значущості та чутливості (вразливості до впливів) дає підстави для висновків про бажане і небажане майбутнє використання різних виділів. Карти, отримані на цьому етапі, можуть

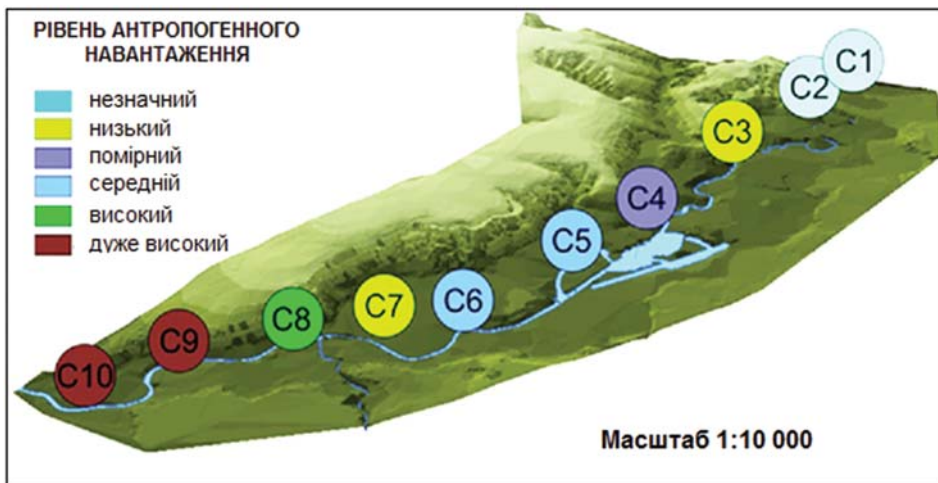


Рис. 10. Інтегральна оцінка рівня антропогенного навантаження на водно-антропогенні ландшафти р. Харків у межах міста (масштаб змінено) [6]

Fig. 10. Integral assessment of the level of anthropogenic pressure on wateranthropogenic landscapes for the Kharkiv river withing the city (scale is modified) [6]

успішно використовуватися для конкретних цілей – коригування забудови, зміни меж природоохоронних територій, визначення екологічно безпечних територій для рекреації.

Перша ділянка річки (С1 і С2) має дуже низький рівень забруднення, ділянка відноситься до передмістя, де з ПАК зустрічаються лише лінійно-дорожні ландшафти, друга група (С3 і С7) – води з низьким рівнем забруднення – це окраїна міста, де антропогенні ландшафти змінюються природними. До третьої групи (С4) відносяться води річки із середнім рівнем забруднення, ділянка в межах малоповерхових селітебних ландшафтів. Четверта група (С5 і С6) – води річки трансформуються у гідроспоруди, а саме Журавлівський гідропарк, для якого характерне зниження показників концентрації забруднюючих речовин за рахунок обсягу, часткового відстоювання води і наявності джерел. П'ята ділянка (С8) – води річки з високим рівнем забруднення, тому що тут поєднується вплив промислових, селітебних і лінійно-дорожніх ландшафтів, що проявляється в підвищенні концентрації забруднюючих речовин. Остання ділянка (С9 і С10) – це нижня течія річки, де вода з максимальним забрудненням. Деякі показники тут не максимальні, це обумовлено тим, що важкі метали осідають, відбувається процес їх акумуляції в донних відкладах, що ще більше посилює процес екологічної деградації водно-антропогенного ландшафту річки Харків.

Після проведення кластерного аналізу і виділення ділянок річки з різним рівнем забруднення води розроблено рекомендації з покращення екологічного стану річки. Для цього слід врахувати особливості водозбірного басейну, щоб визначити, звідки надходять основні потоки забруднення. У цьому випадку в нагоді стають картографічні моделі рельєфу, експозиції і крутизни схилів басейну (рис. 11).

Проведене дослідження дозволило нам розробити адресні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану водного антропогенного ландшафту р. Харків у межах міста для ділянки кожного кластера, що відображено у нашій роботі [5].

Для ділянок річки Харків з незначним антропогенним забрудненням екологічна реабілітація гідрографічної мережі (притоки, в тому числі струмки, і річище) можлива шляхом: розчищення русла; берегоукріплення; обладнання аеруючими перепадами і застосування інших відповідних типів гідротехнічних заходів.

Для водної ділянки річки з низьким антропогенним навантаженням природозберігаючі екотехнології включають в себе організацію системи дій щодо впорядкування господарського використання при-

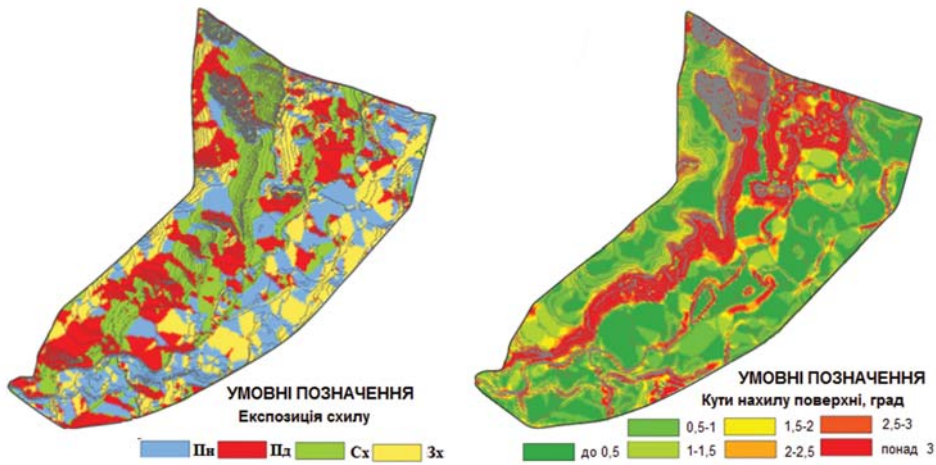


Рис. 11. Експозиція схилів (а) та кути нахилу поверхні басейну р. Харків у межах міста (масштаб змінено) [6]

Fig. 11. Exposition of slopes (a) and angles of inclination of the surface of the Kharkiv river basin within the city (scale is modified) [6]

родноресурсного потенціалу річкового басейну з обов'язковим доповненням системи водоохоронних заходів, координацію видів і способів землекористування на території басейну річки, при якій знижується забруднення водотоку сільськогосподарськими стоками (винос мінеральних часток, органіки, пестицидів, важких металів тощо). Також слід взяти до уваги, що лісові посадки по берегах водойми підвищують її рекреаційну цінність.

У водах р. Харків з високим антропогенним забрудненням у зв'язку з їх близькістю до промислового комплексу міста належить застосувати технології підготовки води, що поліпшують її якість (освітлення, знезараження, відстоювання і ін.), та технології очищення стічних вод (механічна, фізико-хімічна та біологічна). І ближче до гирла річки перед впадінням у р. Лопань, де води досягли максимально можливих показників забруднення, слід застосувати водорекультивацийні технології (гідротехнічні та біотехнічні), навіть перебудову водних об'єктів (механічна очистка, промивання русла спусками води, відновлення лісової рослинності у водоохоронній зоні, укріплення берегів та ін.).

### Список використаних джерел до розділу

1. Гродзинський М. Д. Основи ландшафтної екології : підручник. Київ : Либідь, 1993. 224 с.
2. Клещ А. А., Максименко Н. В. Трансформація водозбірного басейну р. Уди в межах м. Харків // Вісник Харківського національного університе-

- ту імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія». 2019. № 21. С. 6-22. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-01ДНВП> «Геоінформ України». Державна геологічна карта України. 1998. URL : <http://geoinf.kiev.ua/wp/kartograma.htm>.
3. Клец А. А., Максименко Н. В., Пономаренко П. Р. Територіальна структура природокористування міста Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. №1–2. С. 23–34. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9168>
  4. Клец А. А., Самойлова Ю. В. Організація водоохоронних зон в містах України : методичні проблеми та шляхи їх вирішення засобами ландшафтно-екологічного планування. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 26–39. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-03>
  5. Максименко Н. В., Зінковська Л. В. Оцінка стану водної екосистеми р. Харків засобами ландшафтного планування (рос.) *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. X. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. № 1-2. С. 35-44. <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/877>

---

## References to the chapter

1. Grodzynskiy, M. D. (1993) Fundamentals of landscape ecology: a textbook. Kyiv: Lybid., 224.
2. Klieshch, A. A., & Maksymenko, N. V. (2019). Transformation of the Watershed Basin of Udy River Within Kharkiv. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (21), 6-22. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-01>
3. Klieshch, A. A., Maksymenko, N. V., & Ponomarenko, P. R. (2017). Territorial structure of the land use of Kharkiv city. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 27(1-2), 23-34. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9168>
4. Klieshch A. A., & Samoilo, Y. V. (2019). Designing of Water Protection Zones in the Cities of Ukraine: Problems and Ways to Solve Them by Landscape Ecological Planning. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 31, 26-39. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-03>
5. Maksymenko N.V., Zinkovskaya L.V. (2014). Evaluation of the aquatic ecosystem river Kharkiv means of landscape planning. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (1-2(21), 34-44. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/877>

### **3.8. THE POTENTIAL OF USING DENDROCHRONOLOGICAL INFORMATION FOR ASSESSING THE INTENSITY OF RECREATION LOAD IN THE PLANTATIONS OF THE GREEN ZONE OF THE CITY OF KHARKIV**

---

### **3.8. ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ІНТЕНСИВНОСТІ РЕКРЕАЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В НАСАДЖЕННЯХ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ М. ХАРКІВ**

**KOVAL Iryna**

Doctor of Sciences (Agriculture) Associate Professor of the  
Department of Environmental Monitoring and Protected  
Areas, Karazin Institute of Environmental Sciences V. N.  
Karazin Kharkiv National University, Kharkiv Ukraine,  
<https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>  
Koval\_Iryna@ukr.net

**VORONIN Vladislav**

PhD student, V. N. Karazin Kharkiv National University,  
Kharkiv, Ukraine, voronin4999@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5692-9703>

**Abstract.** The sensitivity coefficient of the index tree-ring series, which increased in recreationally damaged pine stands by 41–67 % compared to the control, indicates a significant decrease in the stability of these stands. The correlation coefficient between the tree-ring chronologies, which is much lower in damaged stands than in the control, indicates an anomaly of the radial growth of pine. The depression of the radial tree growth in recreationally damaged stands is aggravated mainly by droughts and low winter temperatures. Restoration of the radial growth of trees in recreationally damaged stands after exposure to adverse weather conditions takes 1–2 years longer than in the control. As the recreational load increases, the radial growth of pine trees decreases, and the coefficient of variation increases. Restoration of radial growth of trees in recreationally damaged stands after exposure to adverse weather conditions (drought, low winter temperatures) lasts 1–2 years longer than in the control. The radial growth of oak stands in the Kharkiv green belt during 1995–2008 decreased as the level of damage increased: the tree ring width was decreased to the control at the plots of the second stage of recreational digression – by 7 %, the third – by 16 %, and the fourth – by 27 %. The pointer years of minimal growth (1975, 1983, 1984, 1987, 1990, 1994, 1996, 2002, and 2007) were characterized by droughts and low temperatures in winter and early spring, except for 2007 with extremely warm winters and early spring. Pointer years of the radial growth of pine were observed in 1980, 1989, 1997, and 2004 with a favorable ratio of heat and moisture for tree growth. High synchronicity the tree ring width and late and early oak wood was found in almost all research plots, except for the most damaged stands with the fourth stage of recreational digression, where late wood has less 10 wood index, indicating damage to close correlations with tree ring index and early pine stands by recreation

**Key words:** dendrochronological methods, Scots pine, English oak, climate change, recreation.

**КОВАЛЬ Ірина Михайлівна** – доктор сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи ННІ екології, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна, <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>  
Koval\_Iryna@ukr.net

**ВОРОНІН Владіслав Олександрович** – аспірант, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків Україна, <https://orcid.org/0000-0002-5692-9703>  
voronin4999@gmail.com

**Анотація.** Коефіцієнт чутливості індексної кільцевої серії, який збільшується у насадженнях сосни, порушених рекреацією, на 41–67 % нижче порівняно з контролем, що свідчить про значне зниження стійкості цих насаджень. Коефіцієнт кореляції між деревнокільцевими хронологіями, який у пошкоджених насадженнях значно нижчий, ніж у контролі, теж свідчить про аномалію радіального росту сосни.



Пригнічення радіального росту дерев у рекреаційно пошкоджених насадженнях посилюється переважно посухами та низькими зимовими температурами. Відновлення радіального росту дерев у таких насадженнях після впливу несприятливих погодних умов триває на 12 років довше, ніж у контролі.

Радіальний приріст дубових насаджень у зеленій зоні м. Харків протягом 1995–2008 рр. зменшувався із збільшенням рівня пошкодження: ширина річного кільця дерева зменшилась відносно контролю на ділянках другої стадії рекреаційної дигресії – на 7 %, третьої – на 16 % і четвертої – на 27 %. Реперні роки мінімального приросту (1975, 1983, 1984, 1987, 1990, 1994, 1996, 2002, 2007) характеризувались посухами та низькими температурами взимку та ранньою весною, за винятком 2007 року з надзвичайно теплою зимою та ранньою весною. Реперні роки радіального росту сосни спостерігалися у 1980, 1989, 1997 і 2004 рр. за сприятливого співвідношення тепла і вологи для росту дерев. Висока синхронність між товщиною річного кільця та пізньою та ранньою деревиною дуба виявлена майже на всіх дослідних ділянках, за винятком найбільш пошкодженого насадження з четвертою стадією рекреаційної дигресії, де пізня деревина має менш тісні кореляції між індексами річної та ранньої деревини, які вказують на значне порушення насаджень рекреацією.

В якості індикаторів стану дубових і соснових насаджень під впливом слід використовувати коефіцієнт кореляції між кільцевими хронологіями дерев, коефіцієнт чутливості, авторегресію першого порядку, коефіцієнт варіації, результати аналізу кореляції між кільцевими хронологіями дерев та кліматичні фактори.

**Ключові слова:** дендрохронологічні методи, сосна звичайна, дуб звичайний, зміна клімату, рекреація.

---

Дендрохронологія – це набір концептуальних і практичних інструментів, які використовують запис кілець дерев як інструмент для кращого розуміння мережі землі, океану, атмосфери, життя та людського суспільства. Основні методи та основне обґрунтування для аналізу деревних кілець встановлені та продовжують удосконалюватися [1]. Інформація, яка міститься в багаторічній динаміці приросту деревних порід, широко використовується при вирішенні фундаментальних і прикладних задач екології, лісознавства, лісівництва та інших областях природничих наук [2].

Термін «дендроіндикація» введено В. Ловеліусом у 1970 році як спосіб оцінювання мінливості природних умов і антропогенних впливів за радіальним приростом дерев. Зміст поняття «дендроіндикація» збігається з терміном «дендрохронологія» [3].

Дендрохронологічні методи дають змогу за порівняно стислий термін оцінити реакцію радіального приросту дерев на екологічні зміни в лісових екосистемах як у часовому, так і у просторовому аспектах [4].

Рекреаційна порушеність лісу визначається комплексом ознак, зокрема видовим складом і структурою рослинності, витопаністю ґрун-

ту, темпами радіального приросту дерев тощо. Одночасно слід мати на увазі засміченість насадження і санітарний стан деревостану. Під час проведення комплексного оцінювання лісів рекреаційного призначення необхідно враховувати не тільки їхню якість нині, але й динаміку розвитку насаджень [5; 6]. Рекреаційний вплив більшою чи меншою мірою зачіпає всі структурні елементи фітоценозів, і для оцінювання глибини цих змін необхідно використання як лісівничого, так і дендрокліматичного методів аналізу [7].

Під час оцінювання впливу різних факторів на лісові екосистеми найбільш достовірним інформативним показником змін, що відбуваються в стані деревостанів, є радіальний приріст дерев, а режим його коливання є визначальною ознакою для виявлення циклічності коливань природних процесів, масштабів антропогенних впливів і ступенів стійкості деревних рослин [8; 9].

Вивчення радіального приросту як одного з методів фітоіндикації антропогенного впливу на лісові екосистеми стали використовувати порівняно нещодавно [10; 11].

Одним із наслідків рекреаційного використання насаджень є ущільнення ґрунту, що призводить до погіршення умов водного, повітряного режимів ґрунту та мінерального живлення рослин. Радіальний приріст у міру посилення рекреаційного навантаження зменшується. Чітко простежується вплив рекреації на коефіцієнт мінливості радіального приросту [12].

Динаміка радіального приросту дерев, які ростуть в умовах рекреаційного навантаження, залежить від породи, віку насаджень, типу лісорослинних умов, початку дії рекреації в насажденні. На відміну від звичайних методів моніторингу, які полягають у спостереженні за тим чи іншим впливом на лісові екосистеми, дендрохронологічний підхід дає змогу встановити зміни в насадженнях за декілька десятиліть і навіть століть [7].

Аналізуючи антропогенну динаміку лісів, деякі автори оцінюють стійкість лісових екосистем за стадіями дигресії: першої та другої стадій – стійкі, третьої – порівняно стійкі, четвертої та п'ятої стадій – нестійкі. Інші дослідники як критичну виділяють вже другу стадію дигресії. Ще одна точка зору на цю проблему: на передостанній – четвертій стадії порушення процесів авторегуляції (самовідновлення едифікатора) не є критичним [1].

Характерні зовнішні ознаки порушення життєдіяльності деревостанів та статистично достовірні зміни таксаційних показників з'являються тільки у разі руйнівного впливу антропогенних факторів, коли найчастіше зміни в екосистемі є незворотними, тому є сенс під час оцінювання антропо-



генних впливів використовувати дендрохронологічні методи досліджень, які враховують також невеликі, зворотні зміни в лісових екосистемах.

Лісівничі, дендрохронологічні методики та метод порівняльної екології дають змогу підвищити точність результатів досліджень впливу умов довкілля на радіальний приріст дерев, який є інтегральним показником і відображає стан насаджень. Важливим є проведення перехресного датування, тобто встановлення точної дати утворення кожного річного шару деревини. Воно полягає у візуальному порівнянні кривих індивідуальних деревно-кільцевих хронологій за допомогою реперних років і якість якого перевіряється комп'ютерною програмою COFESHA. На думку багатьох дослідників, перехресне датування може займати 80–90 % часу від усього дендрохронологічного дослідження.

Необхідною є перевірка надійності деревно-кільцевих хронологій, основними маркерами якої є сигнал популяції (EPS) та міжсерійна кореляція ( $R_{bar}$ ), які розраховують для оцінювання внутрішньої сили сигналу вибірки. Придатність цих хронологій до дендрокліматичного аналізу визначає також коефіцієнт чутливості, який має перевищувати 0,3. Для виявлення взаємозв'язків між радіальним приростом і кліматом необхідно, по-перше, методом стандартизації, тобто створенням деревно-кільцевих індексних хронологій за допомогою програми ARSTAN, або методом ковзних (3-річними, 5-річними або 11-річними ковзними) вилучити вікові тренди з індивідуальних деревно-кільцевих серій, що дає змогу порівняти дерева з насаджень різного віку, знайти відгук радіального приросту на вплив умов довкілля та посилити кліматичний сигнал в деревно-кільцевих хронологіях. По-друге, за допомогою програм RESPO, PRECON або кореляційним аналізом виявити вплив кліматичних чинників на приріст. Аналіз кліматичного відгуку узагальнених хронологій проводиться за допомогою розрахунку коефіцієнтів кореляцій ( $R$ ) між індексами приросту і щомісячними значеннями опадів і температури повітря за період, упродовж якого можливий вплив кліматичних факторів на річний радіальний приріст деревини. З метою встановлення порушень у насадженнях під впливом стрес-факторів обчислювали індекси змін приросту ( $GC_t$ ) для року пошкодження ( $t$ ), які є універсальними для всіх видів дерев та умов місцезростання [1].

Метою дослідження було вивчення динаміки радіального приросту сосни звичайної (*Pinus Sylvestris* L.) та дуба звичайного (*Quercus robur* L.) в деревостанах із високим рівнем пошкодження рекреацією в зеленій зоні м. Харкова для виявлення аномалій приросту дерев, визначення рівня стійкості насаджень, виділення періодів розвитку деревостанів і здатності радіального приросту дерев до відновлення після впливу стрес-факторів.

Об'єктами досліджень були середньовікові чисті соснові деревостани в гідропарку м. Харкова (4–5-ї та 5-ї стадій дигресії) та в Бабаївському лісництві (контроль), розташовані на борових терасах річок Харків та Уди. В насадженні 5-ї стадії дигресії відзначено подвійний антропогенний вплив: рекреаційний і вплив автомобільного транспорту.

Статистична обробка матеріалу показала, що коефіцієнт кореляції між серіями деревно-кільцевих хронологій пошкоджених деревостанів становить 0,274, а на контролі він вищий – 0,330 (табл. 1). Зниження значення коефіцієнта кореляції між серіями деревно-кільцевих хронологій у пошкоджених деревостанах у порівнянні з контролем свідчить про аномальність радіального приросту дерев, яка є, вірогідно, наслідком нерівномірного ущільнення ґрунту в результаті його витоптування. Тобто нерівномірне витоптування ґрунту призвело до зменшення синхронності в деревно-кільцевих хронологіях. Коефіцієнт автокореляції першого порядку, який характеризує, наскільки тісно товщина річного кільця поточного року пов'язана з товщиною кільця попереднього, зменшується залежно від ступеня пошкодження деревостану (табл. 1).

Таблиця 1

Статистична характеристика радіального приросту сосни в насадженнях, пошкоджених рекреацією та на контролі

| Стадія дигресії | Період досліджень, роки | m, мм | $R_{\text{bar}}$ | $AC_1$ | $MS_x$ | $S_{\text{td.dev}}$ |
|-----------------|-------------------------|-------|------------------|--------|--------|---------------------|
| Контроль        | 1959–2006               | 1,10  | 0,330            | 0,651  | 0,338  | 0,733               |
| 4–5 стадія      | 1959–2006               | 1,00  | 0,274            | 0,559  | 0,476  | 0,773               |
| 5 стадія        | 1959–2006               | 0,71  | 0,274            | 0,394  | 0,565  | 0,714               |

Всі серії деревно-кільцевих хронологій виявилися чутливими. Найстійкішим виявилось контрольне насадження ( $AC_1$  для деревно-кільцевої хронології на цій ППП становив 0,338); менш стійкими виявилися насадження 4-ї та 5-ї стадій дигресії ( $AC_1$  для цих ППП становили 0,476 та 0,565 відповідно) (табл. 1). Стандартні відхилення абсолютних величин річних кілець дерев для всіх ППП варіювали в межах 0,714–0,773 (табл. 1). Попередніми дослідженнями щодо впливу рекреації в дубових насадженнях зеленої зони м. Харкова виявлено, що у разі збільшення рекреаційного навантаження також зменшується коефіцієнт кореляції між деревно-кільцевими хронологіями та збільшується коефіцієнт чутливості [13].

Деревостани знаходяться під впливом рекреаційного навантаження протягом усього періоду виростання, але різке збільшення антропогенного пресу відбулося після 1976 р., коли було побудовано новий мікрорайон поряд із цими насадженнями (рис. 1).

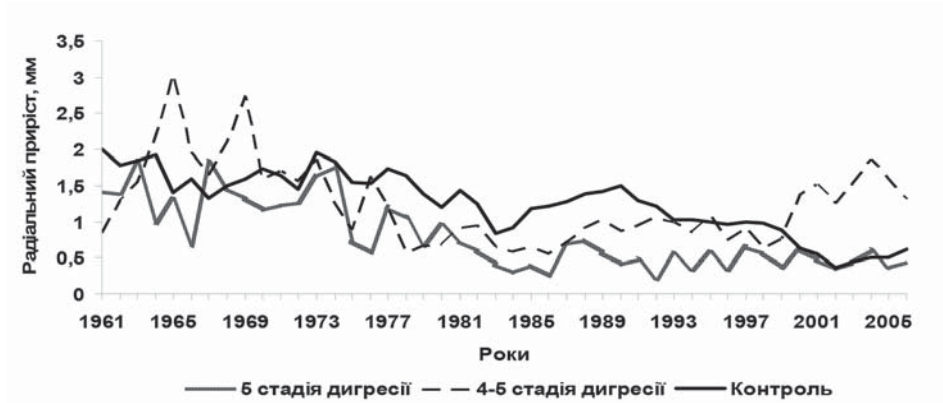


Рис. 1. Динаміка радіального приросту сосни під впливом рекреації в зеленій зоні м. Харкова

Fig. 1. Dynamics of radial growth of pine under the impact of recreation activities in the green area in Kharkiv

Динаміку радіального приросту сосни в контрольному та пошкоджених насадженнях можна поділити на три періоди:

- 1960–1975 рр., які характеризуються максимальним приростом і найменшим рекреаційним впливом за період розвитку деревостанів;
- 1976–1999 – роки зі значним зменшенням величин деревних кілець у пошкоджених деревостанах у порівнянні з відповідними величинами на контролі;
- 2000–2006 рр. характеризуються різким зменшенням радіального приросту на контролі внаслідок посух 1998–1999 рр. і збільшенням величин річних кілець, або стабілізацією приросту в пошкоджених деревостанах за рахунок збільшення площі живлення дерев, яке відбулося в результаті значного відпаду частини дерев.

Статистичний аналіз довів, що протягом 1960–1975 рр. на контролі та в деревостані 4–5-ї стадії дигресії відсутні значущі різниці між середніми величинами річних кілець. Насадження 5-ї стадії дигресії суттєво відрізнялося від контрольного деревостану вужчими шарами деревини внаслідок сильнішого антропогенного пресу (рекреації та впливу вихлопних газів автомобілів) (табл. 2).

Упродовж 1976–1999 рр., після початку інтенсивного рекреаційного навантаження на всі ППП відбулося значуще зменшення товщини шарів річної деревини в порівнянні з контролем (табл. 2).

Таблиця 2

Статистичні показники шарів річної деревини в контрольному та в пошкоджених рекреацією соснових деревостанах зеленої зони м. Харкова

| Стадія дигресії  | m, мм та похибка середнього | S <sub>td.dev</sub> | Достовірність відмінності між середніми значеннями різних видів деревини на контролі та в пошкодженому деревостані |                              |
|--|-----------------------------|---------------------|--|------------------------------|
|  |                             |                     | t <sub>фактичне</sub>  | t <sub>теоретичне</sub>      |
| 1960–1975 рр. (період до початку посилення рекреаційного навантаження)       |                             |                     |  |                              |
| Шари річної деревини   |                             |                     |  |                              |
| контроль   | 1,70±0,06                   | 0,23                | –  | –                            |
| 4–5  | 1,77±0,15                   | 0,60                | 0,43   | 2,0 <sub>0,001</sub>         |
| 5  | 1,34±0,09                   | 0,35                | <b>3,44</b>  | <b>2,8</b> <sub>0,01</sub>   |
| 1976–1999 рр. (період після початку інтенсивного рекреаційного навантаження) |                             |                     |  |                              |
| Шари річної деревини   |                             |                     |  |                              |
| контроль   | 1,22±0,05                   | 0,25                | –  | –                            |
| 4–5  | 0,86±0,05                   | 0,22                | <b>5,10</b>  | <b>3,50</b> <sub>0,001</sub> |
| 5  | 0,57±0,05                   | 0,25                | <b>14,88*</b>  | <b>3,50</b> <sub>0,001</sub> |
| 2000–2006 рр. (період подальшого збільшення рекреаційного навантаження)      |                             |                     |  |                              |
| Шари річної деревини   |                             |                     |  |                              |
| контроль   | 0,51±0,03                   | 0,09                | –  | –                            |
| 4–5  | 1,49±0,08                   | 0,21                | <b>11,37</b>   | <b>4,30</b> <sub>0,001</sub> |
| 5  | 0,47±0,04                   | 0,11                | 0,97   | 2,00 <sub>0,05</sub>         |

У 2000–2006 рр. динаміка радіального приросту дерев характеризується збільшенням величин річних кілець сосни на ППП 4–5-ї стадії дигресії в порівнянні з контролем майже втричі. Як було зазначено вище, внаслідок антропогенного впливу відбулося ослаблення дерев та їхнє всихання, в результаті чого проведено санітарні рубки. За цей період у насадженні 4–5-ї стадії дигресії втрачено близько 8 % дерев, на ППП 5-ї стадії – близько 5 %, на контролі – 1,5 %. У зв'язку із цим відбулося значне збільшення площі живлення та освітлення дерев у пошкоджених насадженнях. Внаслідок освітлення радіальний приріст може збільшитися на 60 %. На ППП 5-ї стадії дигресії тренд радіального приросту майже не змінився, незважаючи на освітлення та сприятливі погодні умови. Це пов'язано із більш інтенсивним впливом не тільки рекреації, але й автотранспорту на це насадження (табл. 2). На тлі сприятливих погодних умов протягом 2003–2006 рр. відбулося певне збільшення радіального приросту на всіх ППП (рис. 1, 2).

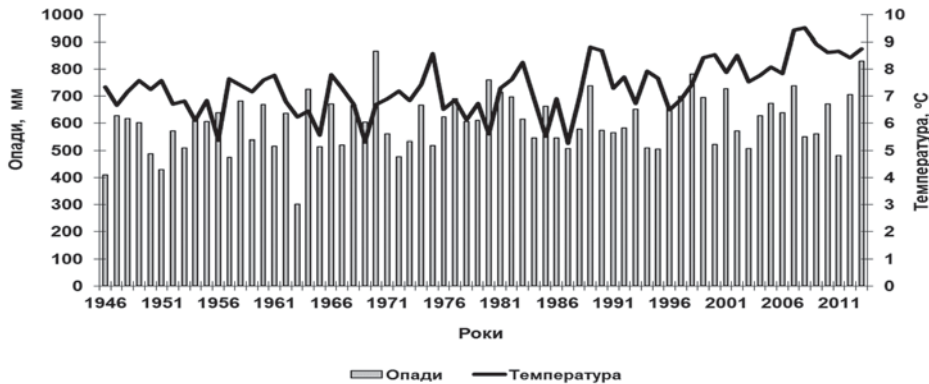


Рис. 2. Динаміка температур та опадів за гідрологічні роки за даними метеостанції м. Харків

Fig. 2. Temperature and precipitation dynamics on hydrological years, data received from the Kharkiv meteorological station

Це свідчить про зберігання пошкодженими деревами на ППП 4–5-ї стадії дигресії властивості реагувати на зміни зовнішніх умов і відновлювати приріст.

Пошкоджені деревостани мають значно менший запас деревини та середній приріст за запасом у порівнянні з контролем. Так, у насадженнях 4–5 та 5-ї стадій дигресії на 2006 р. він становив –  $5\text{ м}^3\text{га}^{-1}$ , а на контролі  $7\text{ м}^3\text{га}^{-1}$ .

Проведено графічне зіставлення величин річних кілець із сумами опадів і температур (рис. 1, 2). Низькі температури холодного періоду разом із посухами протягом вегетації призвели до депресій приросту у 1972, 1975–1976, 1986, 1996 та 2002 рр. (рис. 1). Формування вузьких деревних кілець протягом 1984, 1994 та 1998–2000 рр. викликано переважно посухами. Процес відновлення радіального приросту дерев у пошкоджених деревостанах після дії стрес-факторів тривав не тільки довше (наприклад, у 1972 р. в деревостані 5-ї стадії дигресії депресії радіального приросту тривали протягом двох років на відміну від контролю, де приріст відновився за рік), але й був глибшим (величини річних кілець сосни в пошкоджених деревостанах у середньому на 20 % вужчі в період впливу несприятливих погодних умов, ніж у роки зі сприятливим для росту дерев співвідношенням тепла та вологи).

Для років максимального приросту (1973, 1985, 1995, 1997 рр.) відмічено теплі зими та велику кількість опадів упродовж вегетаційного періоду (рис. 1, 2).

Кореляційний аналіз виявив надзвичайну чутливість радіального приросту сосни до мінливості кліматичних факторів у деревостані 5-ої стадії дигресії. У цьому насадженні приріст обмежують низькі зимові температури та невелика кількість опадів протягом вегетаційного періоду (табл. 3).

Таблиця 3

Кореляційні зв'язки індексів річного радіального приросту (версія STANDART) з кліматичними чинниками в зеленій зоні м. Харкова за період 1976–2006 рр.

| Кліматичний показник                     | Стадії дигресії |            |               |
|--|-----------------|------------|---------------|
|  | контроль        | 4–5 стадії | 5 стадія      |
| Середні t°C за календарний рік           | -0,33           | -0,27      | -0,20         |
| Середні температури за IV–VIII місяці    | <b>-0,37*</b>   | 0,06       | -0,20         |
| Середня температура за I місяць          | -0,28           | 0,23       | <b>-0,44*</b> |
| Середня температура за гідрологічний рік | -0,34           | 0,22       | -0,21         |
| Суми опадів за III–X місяці              | 0,15            | 0,18       | <b>0,51*</b>  |
| Суми опадів за IV–VIII місяці            | 0,24            | 0,13       | <b>0,41*</b>  |
| Суми опадів за календарний рік           | 0,24            | 0,03       | <b>0,52*</b>  |
| Суми опадів за гідр. рік (1976–2006)     | 0,23            | 0,05       | <b>0,55*</b>  |

Примітки: 1. \* – тіснота зв'язку вірогідна на 0,01 рівні значущості;

2. \* – тіснота зв'язку вірогідна на 0,05 % рівні значущості

Це, вірогідно, пов'язано з тим, що у пригнічених рекреаційним навантаженням соснових насадженнях порушені екзогенні зв'язки з гідрологічними умовами екотопу, які змінилися внаслідок ущільнення ґрунтів під впливом рекреації та порушення підстилки, яка, зазвичай, зберігає вологу та має добрі дренажні властивості. На дуже щільних ґрунтах ослаблюється розвиток кореневих систем і зменшується кількість коренів. У посушливі роки сильніше виявляється негативний вплив ущільнення ґрунту, ніж у роки з достатнім зволоженням.

За останні шість років у результаті санітарних рубок у насадженні 5-ї стадії дигресії втрачено, як зазначено вище, близько 5 % дерев, до складу яких входили переважно дерева найменших класів Крафта і, відповідно, найменших діаметрів. Унаслідок цього найтісніші зв'язки між кліматом та індексами деревних кілець у найбільш пошкодженому деревостані визначені не тільки в результаті ослаблення деревостану (тобто збільшилася чутливість насадження до впливу зовнішніх факторів), а також завдяки тому, що в насадженні залишилися дерева

переважно I-го та II-го класів Крафта, які здатні найбільш чутливо реагувати на зовнішні зміни (табл. 3).

*Зелена зона м. Зміїв Харківської області.* Досліджено реакцію радіального приросту сосни звичайної на зміни клімату в насадженнях із різним ступенем рекреаційного навантаження. Об'єкти досліджень – чисті соснові середньовічні насадження на чотирьох ППП з різним рівнем рекреаційної дигресії. Тип лісорослинних умов  $A_1$  та  $A_2$ .

В результаті аналізу динаміки радіального приросту сосни в насадженнях з різним рівнем рекреаційної дигресії для періоду 1967–2008 рр. виділено три періоди розвитку деревостанів (рис. 1).

Перший період тривав від 1967 до 1975 року. Тренд зменшення радіального приросту дерев визначено на всіх пошкоджених ППП. Найшвидше приріст зменшувався в деревостані четвертої стадії дигресії, де виявлено найглибшу його депресію у 1975 році, який характеризувався мінімальною кількістю опадів та високими температурами протягом вегетаційного періоду (рис. 3). В результаті цього в насадженнях третьої та четвертої стадій дигресії усихання дерев перевищило норму природного відпаду. Причиною різкого збільшення радіального приросту дерев протягом другого періоду (1976–1989 рр.) (рис. 3) стало збільшення площ живлення дерев, що підтверджено обчисленням індексів змін їхнього радіального приросту (табл. 4).

Незначні порушення відбулися в деревостанах третьої та четвертої стадій дигресії, а значні – в насадженні четвертої стадії (табл. 4).

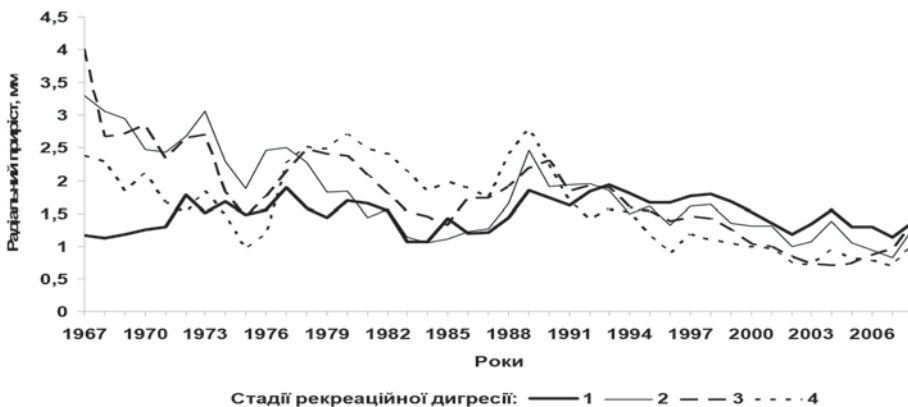


Рис. 3. Динаміка радіального приросту сосни звичайної в насадженнях із різним ступенем рекреаційного навантаження

Fig. 3. Radial growth dynamics of Scots pine in stands under different level of recreational pressure

Таблиця 4

Індекси змін приросту сосни (GSt) після впливу посухи 1975 року на  
соснові деревостани різного ступеня рекреаційної дигресії  
в зеленій зоні м. Зміюва

| Стадія рекреаційної дигресії | Індекс зміни приросту (GSt) | Період п1 (до збурення в деревостані), рр. | Період п2 (після збурення в деревостані), рр. |
|------------------------------|-----------------------------|--|---|
| 1                            | 5                           | 1968–1974                                  | 1975  |
| 2                            | –39*                        | 1968–1974                                  | 1975  |
| 3                            | –43*                        | 1968–1974                                  | 1975  |
| 4                            | –210**                      | 1968–1974                                  | 1975  |

Примітки: \* – незначне порушення; \*\* – значне порушення

Третій період (1990–2008 рр.) відзначився зменшенням тренду радіального приросту дерев на всіх ППП. Протягом 1997–2008 рр. визначено чітку закономірність у формуванні річних деревних кілець – зменшення їхніх величин у міру збільшення рівня пошкодження деревостанів: вони були меншими в порівнянні з контролем на ППП другої стадії дигресії – на 7 %, третьої – на 16 % і четвертої – на 27 %.

Виявлено роки мінімального приросту для всіх насаджень: посушливі 1975, 1983, 1984, 1990, 1994 та 2002 рр. і 1987 та 1996 рр., які характеризуються низькими зимовими та ранньовесняними температурами. Вірогідно, внаслідок значного підвищення температур взимку та навесні 2007 року відбулося формування вузьких річних кілець у результаті порушення зимового спокою дерев, що призвело до порушення фізіологічних процесів (рис. 3).

Роки максимального приросту сосни для всіх ППП: 1980, 1989, 1997 та 2004 рр. (виняток найбільш пошкоджений деревостан для 2004 року), які мали сприятливе співвідношення тепла та вологи для росту дерев.

Проаналізовано динаміку опадів і температур за десятиліттями у порівнянні з динамікою індексних деревно-кільцевих хронологій. У 1969–1988 рр. збільшення кількості опадів відмічено тільки для холодного періоду, наступні 1989–2008 рр. були вологішими (табл. 5).

Температури переважно поступалися нормі (за норму взяті середні температури 1969–2008 рр.) у 1969–1988 рр., але за 1989–2008 рр. вони збільшилися. Прискорення потепління відбувалося найбільш швидкими темпами протягом холодного періоду, особливо швидко – упродовж 1999–2008 рр. (табл. 6).

Таблиця 5

Зміни кількості опадів за десятиліттями за сорок років  
(1969–2008 рр.) у порівнянні із середньою кількістю опадів за даними  
метеостанції м. Харків

| Періоди, рр. | Рік, %   | Гідрологічний рік*, % | IV–VIII місяці,<br>% | III–IX місяці,<br>% | Холодний<br>період**, % |
|--------------|----------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| 1969–1978    | –5       | –6                    | –3                   | –5                  | <b>0,4</b>              |
| 1979–1988    | –2       | –1                    | –2                   | –8                  | <b>13</b>               |
| 1989–1998    | <b>2</b> | <b>1</b>              | <b>0,04</b>          | <b>6</b>            | –5                      |
| 1999–2008    | <b>5</b> | <b>7</b>              | <b>5</b>             | <b>7</b>            | <b>8</b>                |

Примітки: \* – сума опадів від попереднього жовтня до поточного вересня;

\*\* – сума опадів від попереднього грудня до поточного березня

Таблиця 6

Зміни температур за десятиліттями за сорок років  
(1969–2008 рр.) у порівнянні із середніми температурами за даними  
метеостанції м. Харків

| Періоди, рр. | Рік, %    | Гідрологічний<br>рік*, % | III–X місяці,<br>% | IV–VIII місяці, % | III місяць,<br>% | Холодний<br>період**, % |
|--------------|-----------|--------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| 1969–1978    | –5        | –5                       | –3                 | –2                | <b>33</b>        | –22                     |
| 1979–1988    | –6        | –6                       | –3                 | –2                | –19              | –32                     |
| 1989–1998    | <b>2</b>  | <b>2</b>                 | 0                  | <b>1</b>          | <b>97</b>        | <b>21</b>               |
| 1999–2008    | <b>11</b> | <b>9</b>                 | <b>6</b>           | <b>1</b>          | <b>184</b>       | <b>40</b>               |

Примітки: \* – сума опадів від попереднього жовтня до поточного вересня;

\*\* – сума опадів від попереднього грудня до поточного березня

Деревно-кільцеві хронології STANDART свідчать про збільшення приросту на менш пошкоджених ППП у 1969–1978 рр., що пов'язано зі сприятливими погодними умовами у цей період. Погіршення приросту на більш пошкоджених ділянках, вірогідно, викликано ущільненням ґрунту, що порушило водопостачання для кореневих систем дерев і спричинило механічні пошкодження (табл. 7).

Таблиця 7

Зміни індексів радіального приросту STANDART за десятиліттями  
(1969–2008 рр.) в порівнянні із середніми значеннями

| Періоди  | 1969–1978 рр., % | 1979–1988 рр., % | 1989–1998 рр., % | 1999–2008 рр., % |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 стадія | +11,42           | –18,41           | +14,4            | –14,4            |
| 2 стадія | +10,21           | –14,92           | +15,09           | –10,38           |
| 3 стадія | –0,86            | +3,03            | +8,85            | –10,13           |
| 4 стадія | –20,07           | +68,41           | +7,8             | –22,32           |

У наступні 1979–1988 рр. – навпаки, відбувається підвищення радіального приросту дерев у пошкоджених деревостанах, що пояснюється усиханням дерев після посушливого 1975 року (табл. 7). Упродовж 1989–1998 рр. величини річних кілець збільшилися, вірогідно, внаслідок підвищення температур, особливо зимових та ранньовесняних, і кількості опадів. У наступні 1999–2008 рр. радіальний приріст дерев зменшився на всіх ділянках, а особливо на найбільш пошкоджених. Вірогідно, збільшення березневих і зимових температур досягло порогового рівня, що негативно відобразилося на формуванні річних кілець сосни в усіх деревостанах. Період спокою є основною причиною високої морозостійкості і обов'язковою фазою для проходження процесів оновлення клітин і відновлення ростових процесів у весняний період. Порушення цього спокою може призвести до зменшення приросту. Часті тривалі перепади температур особливо небезпечні в кінці зими, коли рослини знаходяться в стані зимового спокою [14, 15].

Отримано кореляційні зв'язки між індексними деревно-кільцевими хронологіями RESIDUAL, які виявилися найбільш чутливими до виявлення відгуку дерев до варіацій клімату, та кліматичними чинниками упродовж 1969–2008 рр. (табл. 8).

Лише у 1999–2008 рр. не виявлено зв'язків між індексами приросту та кількістю опадів на всіх ППП. Це свідчить, що опади меншою мірою обмежують радіальний приріст сосни внаслідок збільшення їхньої кількості.

Температури меншою мірою обмежували приріст сосни в Лісостепу, ніж опади. За останні три десятиліття не виявлено достовірних кореляцій між деревно-індексними хронологіями та температурами.

**Вплив рекреації на радіальний приріст дуба звичайного в зеленій зоні м. Харків.** Об'єкти досліджень – порослеві стиглі насадження дуба звичайного (дубняки яглицевих із осокою волосистою свіжої ясенєво-липової діброви) 100-річного віку III–IV генерації у Лісопарковому господарстві м. Харкова на 3 постійних пробних площах (ППП), які формують екологічний ряд за рівнем рекреаційного навантаження: 2-ї, 3-ї та 4-ї стадії дигресії.

Під час кореляційного аналізу між індексами приросту та кліматичними показниками використані такі кліматичні чинники: суми середньомісячних температур та суми опадів за жовтень-вересень, листопад-лютий, березень-жовтень, червень-липень, липень-серпень і гідрологічні (з 1 жовтня по 31 вересня) та календарні роки; а також середньомісячні температури березня, суми середньомісячних температур за листопад-березень, березень-липень, квітень-червень і гідротермічний показник  $O_3$ . Отримано статистичну характеристику деревно-кільцевих хронологій.

Таблиця 8

Кореляційні зв'язки між індексними деревно-кільцевими хронологіями RESIDUAL для деревостанів із різним рівнем рекреаційної дигресії та кліматичними чинниками за десятиліттями (1969–2008 рр.)

| Кліматичні показники  | Ступінь дигресії | 1969–1988 рр. | 1979–1988 рр. | 1989–1998 рр. | 1999 – 2008 рр. |
|---|------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| Сума опадів за VI місяць, мм                                    | 1                | <b>0,78*</b>  | 0,61          | –0,14         | –0,32           |
| Сума опадів за VII місяць, мм                                   | 1                | –0,09         | 0,03          | <b>0,70*</b>  | 0,27            |
| Сума опадів за холодний період                                  | 1                | 0,16          | –0,11         | <b>–0,68*</b> | 0,28            |
| Сума опадів за VI місяць, мм                                    | 2                | 0,13          | <b>0,69*</b>  | 0,21          | –0,21           |
| Сума опадів за IV–VIII місяці, мм                               | 2                | 0,61          | <b>0,72*</b>  | 0,58          | 0,12            |
| Сума опадів за III–IX місяці, мм                                | 2                | 0,57          | <b>0,65*</b>  | 0,63          | 0,00            |
| Сума опадів за VII місяць, мм                                   | 2                | 0,23          | 0,07          | <b>0,74*</b>  | 0,00            |
| Сума опадів за I–XII місяці, мм                                 | 3                | <b>0,83*</b>  | 0,29          | 0,25          | –0,36           |
| Сума опадів за V–VI місяці, мм                                  | 3                | 0,59          | 0,53          | –0,30         | 0,04            |
| Сума опадів за III–IX місяці, мм                                | 3                | <b>0,81*</b>  | 0,15          | –0,30         | –0,28           |
| Сума опадів за гідрологічний рік                                | 3                | <b>0,78*</b>  | –0,17         | –0,11         | –0,33           |
| Сума опадів за VI місяць, мм                                    | 4                | 0,50          | <b>0,77*</b>  | 0,17          | –0,54           |
| Сума опадів за I–XII місяці, мм                                 | 4                | <b>0,89**</b> | 0,51          | 0,45          | –0,49           |
| Сума опадів за IV–VIII місяці, мм                               | 4                | <b>0,74*</b>  | <b>0,77*</b>  | 0,31          | –0,16           |
| Сума опадів за V–VI місяці, мм                                  | 4                | <b>0,70*</b>  | <b>0,68*</b>  | 0,08          | –0,52           |
| Сума опадів за III–IX місяці, мм                                | 4                | <b>0,80*</b>  | <b>0,68*</b>  | 0,40          | –0,52           |
| Сума опадів за гідрологічний рік                                | 4                | <b>0,74*</b>  | 0,45          | 0,10          | –0,37           |
| Середні температури за холодний період                          | 1                | –0,32         | <b>–0,70*</b> | –0,05         | –0,21           |
| Сума опадів за гідрологічний рік                                | 1                | –0,34         | <b>–0,69*</b> | –0,27         | –0,42           |
| Середні температури від попереднього червня до поточного червня | 1                | –0,42         | <b>–0,81*</b> | –0,13         | –0,39           |
| Середньорічна температура, tC                                   | 4                | <b>–0,68*</b> | –0,37         | 0,04          | 0,01            |

Примітки: \*\* – тіснота зв'язку вірогідна на 0,001 рівні значущості; \* – тіснота зв'язку вірогідна на 0,01 рівні значущості; ° – тіснота зв'язку вірогідна на 0,05 рівні значущості

Усі дерева на ППП мають високу подібність за приростом дерев, про що свідчить коефіцієнт кореляції між серіями деревних кілець (табл. 9).

Таблиця 9

Статистичні характеристики деревних кілець дуба звичайного  
на пробних площах різного ступеня дигресії

| Ступені дигресії | $R_{\text{bar}}$ | m, мм | $S_{\text{td.dev}}$ | $AC_1$ | $MS_x$ |
|------------------|------------------|-------|---------------------|--------|--------|
| 2 стадія         | 0,65             | 1,43  | 0,75                | 0,55   | 0,32   |
| 3 стадія         | 0,55             | 1,75  | 0,92                | 0,56   | 0,32   |
| 4 стадія         | 0,57             | 1,92  | 0,96                | 0,47   | 0,36   |

Амплітуда мінливості ширини річного кільця є більшою в деревостані 4-ї стадії дигресії (табл. 9). Це, ймовірно, пов'язано з великою кількістю доріжок на цій ППП, що призвело до створення нерівномірного ущільнення ґрунту. Тобто різноманітні умови викликали значні коливання величин річних кілець. Про це також свідчить показник чутливості.

Коефіцієнт автокореляції першого порядку, який характеризує, наскільки тісно товщина річного кільця пов'язана з товщиною кільця попереднього року, є найменшим у деревостані 4-ї стадії дигресії.

Упродовж 1917–1965 рр. значущих відмінностей у динаміці радіального приросту дерев на всіх ППП не визначено (рис. 4). Пізніше, в 1966–1974 рр., абсолютні значення радіального приросту дерев та їхніх індексів у деревостанах різних ступенів дигресії збільшувалися в такій послідовності: друга, третя та четверта стадії.

У 1975–1990 рр. найбільшим приростом характеризуються дерева в деревостані 4-ї стадії дигресії, водночас дерева в насадженнях 2-ї та 3-ї стадій мали менші абсолютні значення річного кільця (рис. 4).

У 1991–1996 рр. визначено тренд збільшення приросту на всіх ППП. І нарешті період 1997–2002 рр. характеризується надзвичайно швидким зниженням приросту на всіх ділянках. Найглибші депресії приросту за цей період визначені на ППП 4-ї стадії.

Ми маємо ряд метеорологічних даних для періоду 1952–2002 років. Можна припустити, що депресії приросту 1924, 1930, 1933, 1946 та 1950 рр. були також викликані несприятливими метеорологічними умовами: посухами та низькими температурами.

Проведена верифікація наявних погодних даних за 1952–2002 рр. та приросту свідчить про те, що формування вузьких річних кілець відбулося під впливом посух 1954, 1959, 1962, 1965, 1969, 1972, 1974–1975, 1983–1984, 1992, 1995 та 1999 років. Низькі температури упродовж гідрологічного року також викликали депресії приросту в 1960, 1964, 1987 та 1994 рр. (рис. 4).

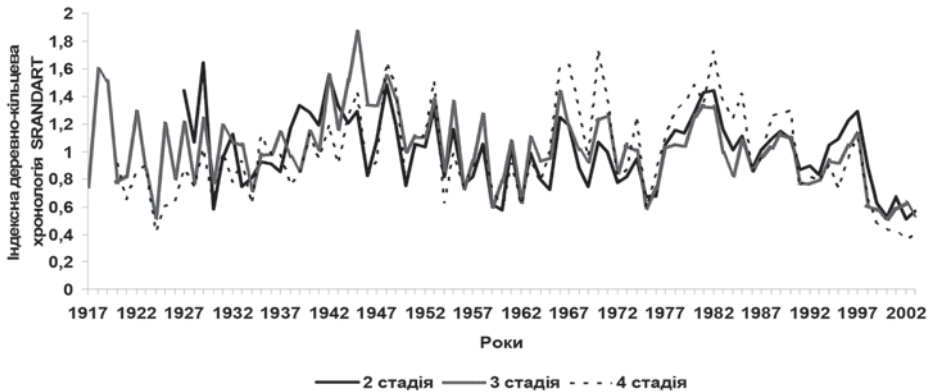


Рис. 4. Динаміка індексів STANDART дуба звичайного в зеленій зоні м. Харкова під впливом рекреаційного навантаження

Fig. 4. STANDART indices dynamics for *Quercus robur* in Kharkiv green area under the impact of recreational activities

Найглибші депресії приросту визначені в найбільш пошкодженому деревостані, тобто в насадженні 4-ї стадії дигресії.

Виявлено, що радіальний приріст за останні 20 років в порівнянні з таким самим попереднім періодом з найбільшою швидкістю зменшувався на ППП 4-ої стадії дигресії: на 32,3 %; на ППП 3-ї стадії дигресії – на 31,6 % та 2-ї – на 21,2 % (рис. 4). Ці відмінності достовірні на 0,05 рівні значущості. Кореляційним аналізом встановлено, в основному, достовірні позитивні середні зв'язки між індексами приросту та сумами опадів за гідрологічний рік, за холодний період (від грудня до березня та за квітень-серпень) на всіх ППП. В деревостанах 2-ї та 3-ї стадії дигресії отримано також достовірні кореляції з сумами опадів за календарні роки та за квітень-серпень. У найбільш пошкодженому деревостані такі зв'язки були відсутні (табл. 10).

Таблиця 10

Кореляційний аналіз між індексами приросту та кліматичними факторами за різні частини гідрологічного року

| Кліматичний показник            | Ступінь дигресії | Версії хронологій** |               |               |
|---------------------------------|------------------|---------------------|---------------|---------------|
|                                 |                  | S                   | R             | A             |
| Опади за X–IX (гідрол. рік), мм | 2                | <b>0,46**</b>       | <b>0,57**</b> | <b>0,49**</b> |
| Опади за XII–III, мм            | 2                | 0,29                | <b>0,37*</b>  | 0,25          |
| Опади за I–XII, мм              | 2                | 0,21                | 0,32          | <b>0,34*</b>  |
| Опади за IV–XIII, мм            | 2                | 0,23                | <b>0,33*</b>  | <b>0,33*</b>  |
| Опади за X–IX (гідрол. рік), мм | 3                | <b>0,45**</b>       | <b>0,53**</b> | 0,24          |

|                                    |   |                          |                           |                          |
|------------------------------------|---|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Опади за XII–III, мм               | 3 | <b>0,31</b> <sup>*</sup> | <b>0,38</b> <sup>**</sup> | 0,13                     |
| Опади за I–XII, мм                 | 3 | 0,25                     | <b>0,37</b> <sup>+</sup>  | 0,11                     |
| Опади за IV–VIII, мм               | 3 | -0,21                    | <b>-0,30</b> <sup>*</sup> | -0,21                    |
| Опади за X–IX<br>(гідрол. рік), мм | 4 | <b>0,37</b> <sup>+</sup> | -0,03                     | <b>0,35</b> <sup>*</sup> |
| Опади за XII–III, мм               | 4 | <b>0,40</b> <sup>+</sup> | <b>0,22</b>               | <b>0,43</b> <sup>+</sup> |
| Опади за I–XII, мм                 | 4 | 0,17                     | 0,0                       | 0,17                     |
| Опади за IV–VIII, мм               | 4 | -0,20                    | 0,05                      | -0,14                    |

Примітки: 1. <sup>\*</sup> – тіснота зв'язку вірогідна на 99% рівні значущості; 2. <sup>+</sup> – тіснота зв'язку вірогідна на 95% рівні значущості; 3. <sup>\*\*</sup> S – STANDART; R – RESIDUAL; A – ARSTAN

Це, ймовірно, пов'язано з тим, що у пригнічених рекреаційним навантаженням дубових насаджень порушені екзогенні зв'язки з гідрологічними умовами екотопу, які змінилися внаслідок ущільнення ґрунтів, яке викликане дією рекреації. Кореляції з  $O_3$  сумами опадів за березень–жовтень, червень–серпень і з середніми температурами за квітень–серпень, березень–жовтень, за гідрологічний та календарний роки виявилися недостовірними.

Середні кореляції між індексами радіального приросту дерев та кліматичними показниками в помірній зоні отримано також В. І. Важовим та В. Т. Ярмишко [16; 17].

Таким чином, виявлено періоди розвитку деревостанів, пов'язані із впливом рекреації, а також швидше зниження радіального приросту в найбільш пошкодженому рекреацією насадженні. Це аналогічно передчасному старінню деревостану. Отримано середні позитивні зв'язки між індексами радіального приросту та опадами за гідрологічні, календарні роки та за холодний період від грудня до березня в усіх насадженнях. У менш пошкоджених рекреацією деревостанах 2-ї та 3-ї стадій дигресії виявлено достовірні кореляції з сумами опадів за квітень–серпень і календарний роки. Тобто зв'язки приросту з кліматом найбільш слабкі в насадженнях 4-ї стадії рекреаційної дигресії. Це пов'язано з тим, що у пригнічених рекреаційним навантаженням дубових насаджень порушені зв'язки між поглинанням води деревами та гідрологічними умовами екотопу, які були змінені під впливом ущільнення ґрунтів, що було викликане дією рекреації [9; 12; 18; 19].

## Висновки

1. Депресію радіального приросту дерев у пошкоджених рекреацією соснових і дубових деревостанах поглиблюють, переважно, посухи та аномальні зимові та ранньовесняні температури. Відновлення радіального приросту дерев у пошкоджених рекреацією деревостанах після



впливу на них несприятливих погодних умов триває на 1–2 роки довше, ніж на контролі.

2. Підвищення температур упродовж вегетаційного та холодного періодів призвело до зменшення тренду радіального приросту сосни у пошкоджених рекреацією внаслідок порушення зимового спокою дерев, який негативно впливав на формування річних кілець дерев після 1999 року.

3. Коефіцієнт кореляції між деревно-кільцевими хронологіями дерев, коефіцієнт чутливості, авторегресію першого порядку, коефіцієнт варіації, результати кореляційного аналізу між деревно-кільцевими хронологіями та кліматичними чинниками слід використовувати як індикатори стану насаджень під впливом клімату та рекреації.

4. Всі деревостани стали більш чутливими до змін клімату.

Пропонується: проводити більш інтенсивні санітарні рубки після років значного впливу стрес-факторів на деревостани, коли відбувається підвищений відпад ослаблених дерев. Ці роки характеризуються відхиленням температур від норми на 15–56 % та зменшенням кількості опадів від норми на 30–70.

### Список джерел до розділу:

1. Cook E. R., Kairiukstis L. A. *Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Sciences*. Netherlands, Dordrecht: *Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis*, 1990. 394 p.
2. Мазепа В. Г., Новак А. А., Сопушинський І. М. Особливості радіального приросту дубових деревостанів зеленої зони Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*. Вип. 20(4). 2010. С. 36–42.
3. Грицан Ю. И. Биометеорологический аспект дендроиндикации. *Вопросы лесной биогеоэкологии, экологии и охраны природы в степной зоне*. Куйбышев: КуГУ, 1990. С. 29–46.
4. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко; за ред. С. П. Іванюти. Київ: НІСД, 2020. 110 с.
5. Коваль І. М., Костяшкін Д. С. Вплив клімату та рекреації на формування шарів річної деревини ранньої та пізньої форм *Quercus Robur L.* у зеленій зоні м. Харкова. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25 (6). С. 52–58.
6. Коваль І. М., Максименко Н. В. Потенціал використання дендрохронологічної інформації для сталого розвитку лісового господарства *Конференція. Харків. ХХІІІ Міжнародна науково-практична конференція «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2020»*. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2020. 48–49 с.
7. Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974. 170 с.
8. Juknys R., Stravinskiene V., Vencloviene J. Tree-ring analysis for the assessment of anthropogenic changes and trends. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2002. Vol. 77(1). P. 81–97.

9. Коваль І. М. Дендрохронологія в Україні: ретроспектива і перспективи розвитку. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2006. Вип. 31. С. 221–227.
10. Ворон В. П., Бондарук М. А., Коваль І. М., Целіщев О. Г. Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів. Збірник рекомендацій УкрНДІЛГА. Рекомендації щодо комплексної оцінки стійкості рекреаційно-оздоровчих лісів, організації їх моніторингу та оптимізації рекреаційного лісокористування в них. Збірник рекомендацій Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації. Харків: Нове слово, 2011. С. 10–112.
11. Ciapała Sz, Adamski P. and Zielonka T. Tree ring analysis as an indicator of environmental changes caused by tourist trampling. A potential method for the assessment of the impact of tourists. *Geochronometria*. Vol. 41 (4). 2014. P. 392–399.
12. Коваль І. М. Застосування дендрохронологічних методів для вивчення особливостей радіального приросту Quercus robur L. під впливом рекреації в зеленій зоні м. Харкова. *Науковий вісник Національного Аграрного Університету*. 2007. Вип. 106. С. 180–191.
13. Коваль І. М. Динаміка радіального приросту дуба звичайного під впливом рекреації в зеленій зоні м. Харкова. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2006. Вип. 110. С. 229–234.
14. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. Вип. 2. 2009. С. 34–44.
15. Коваль І. М., Боголов О. В., Нусбаум С. А., Юзвинський Г. А. Радіальний приріст дуба звичайного та ясени звичайного як індикатор стану лісових екосистем в умовах Новоград-Волинського фізико-географічного району. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2015. Вип. 26. С. 202–211.
16. Koval I., Voron V., Leman A., Vorontsova O. Radial growth of oak under recreational influence in the forest–Steppe of East Ukraine. *International Conference of Dendrochronology EuroDendro 2005*, September, 28– October 2, 2005. Viterbo, Italy, 2005. P. 54.
17. Юхновский В. В., Проценко И. А., Крук В. М. Санітарний стан соснових насаджень на рекультивованих землях. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2018. Вип. 28 (11). С. 55–59.
18. Коваль І. М. Радіальний приріст як індикатор стійкості лісових екосистем на прикладі соснових лісів зеленої зони м. Харкова. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. Вип. 147. С. 223–232.
19. Коваль І. М. Реакція радіального приросту сосни звичайної на зміні клімату та рекреаційне навантаження в лісостеповій зоні України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21(2). С. 63–70.

---

## References to the chapter

1. Cook, E. R., Kairiukstis, L. A. (1990). *Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Sciences*. Netherlands, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis.
2. Mazepa, V. G., Novak, A. A., Sopushynskiy, I. M. (2010). Peculiarities of radial growth of oak stands in the green zone of Lviv. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*. 20(4). pp. 36–42.
3. Hrytsan, Yu. I. (1990). Biometeorological aspect of dendroindication. *Questions of forest biogeocenology, ecology and nature protection in the steppe zone*. Kuibyshev: KuGU.
4. Ivanyuta, S. P., Kolomiets, O. O., Malinovska, O. A., Yakushenko, L. M. (2020). *Climate Change: Consequences and Adaptation Measures: Analyt. report*. Kyiv: NISD.

5. Koval, I. M., Kostyashkin, D. S. (2015). The influence of climate and recreation on the formation of layers of annual wood of early and late forms of *Quercus Robur L.* in the green zone of the city of Kharkiv. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine.* 25 (6). P. 52–58.
6. Koval, I. M., Maksymenko, N. V. (2020). The potential of using dendrochronological information for the sustainable development of forestry Kharkiv. *Conference XXIII International scientific and practical conference "Ecology, environmental protection and balanced nature use: education - science - production - 2020"*. V. N. Karazin Kharkiv National University
7. Bitvinskas, T. T. (1974). Dendroclimatic research. Leningrad: Gidrometeoizdat.
8. Juknys, R., Stravinskiene, V., Vencloviene, J. (2002). Tree-ring analysis for the assessment of anthropogenic changes and trends. *Environmental Monitoring and Assessment.* 77(1). P. 81–97.
9. Koval, I. M. (2006). Dendrochronology in Ukraine: retrospect and development prospects. Forestry, forest, paper and woodworking industry. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine.* 31. P. 221–227.
10. Voron, V. P., Bondaruk, M. A., Koval, I. M., Tselishchev, O. G. (2011). Monitoring and increasing the stability of anthropogenically disturbed forests. Collection of recommendations of UkrNDILGA. Recommendations for comprehensive assessment of the sustainability of recreational and recreational forests, organization of their monitoring and optimization of recreational forest use in them Collection of recommendations of the Ukrainian Research Institute of Forestry and Agroforestry. Kharkiv: Nove Slovo. P. 10–112.
11. Ciapała, Sz. Adamski, P. and Zielonka, T. (2014). Tree ring analysis as an indicator of environmental changes caused by tourist trampling. A potential method for the assessment of the impact of tourists. *Geochronometria.* 41 (4). P. 392–399.
12. Koval, I. M. (2007). Application of dendrochronological methods to study the features of the radial growth of *Quercus robur L.* under the influence of recreation in the green zone of Kharkiv. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University.* 106. p. 180–191.
13. Koval, I. M. (2006). Dynamics of radial growth of common oak under the influence of recreation in the green zone of Kharkiv. *Forestry and agroforestry.* 110. P. 229–234.
14. Didukh, Ya. (2009). Ecological aspects of global climate changes: causes, consequences, actions. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine.* 2. P. 34–44.
15. Koval, I. M., Bologov, O. V., Nusbaum, S. A., Yuzvinskyi, G. A. (2015). Radial growth of oak and ash as an indicator of the state of forest ecosystems in the conditions of the Novohrad-Volyn physical-geographical district. *Forestry and agroforestry.* 26. P. 202–211.
16. Koval, I., Voron, V., Leman, A., Vorontsova, O. (2005). Radial growth of oak under recreational influence in the forest–Steppe of East Ukraine. *International Conference of Dendrochronology EuroDendro 2005*, September, 28– October 2. Viterbo, Italy, P. 54.
17. Yukhnovsky, V. V., Protsenko, I. A., Kruk, V. M. (2018). Sanitary condition of pine plantations on reclaimed lands. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine.* 28 (11). P. 55–59.
18. Koval, I. M. (2010). Radial growth as an indicator of the stability of forest ecosystems on the example of pine forests in the green zone of Kharkiv. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine.* 147. P. 223–232.
19. Koval, I. M. (2011). Reaction of the radial growth of Scots pine to climate changes and recreational load in the forest-steppe zone of Ukraine. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine.* 21(2). P. 63–70.

**3.9. INNOVATIVE  
COMPLEX METHOD OF  
PROBABILISTIC FORECASTING  
MODELING SPRING  
FLOOD CHARACTERISTICS  
AND ASSESSMENT OF  
ENVIRONMENTAL RISKS  
FOR URBAN LANDSCAPES OF  
THE DNIEPER BASIN UNDER  
CLIMATE CHANGE**

---

**3.9. ІННОВАЦІЙНИЙ  
КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД  
ЙМОВІРНІСНО-  
ПРОГНОСТИЧНОГО  
МОДЕЛЮВАННЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСНЯНОГО  
ВОДОПІЛЛЯ ТА ОЦІНКИ  
ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ДЛЯ  
УРБОЛАНДШАФТІВ БАСЕЙНУ  
ДНІПРА В УМОВАХ МІНЛИВОСТІ  
КЛІМАТУ**

**OVCHARUK Valeriya**

Doctor of Geographic Science, Associate Professor,  
Director of Hydrometeorological Institute, Odessa State  
Environmental University, Odessa,  
valeriya.ovcharuk@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5654-3731>

**SHAKIRZANOVA Zhannetta**

Doctor of Geographic Science, Professor, Head of the  
Department of Land Hydrology, Odessa State  
Environmental University, Odessa,  
<https://orcid.org/0000-0003-0600-5657>

**KICHUK Natalia**

PhD in Geography, Associate Professor, Associate  
Professor of the Department of Land Hydrology,  
Odessa State Environmental University, Odessa,  
<https://orcid.org/0000-0002-8165-6743>

**GOPTSIY Maryna**

PhD in Geography, Senior Lecturer Department of Land  
Hydrology, Odessa State Environmental University, Odessa,  
<https://orcid.org/0000-0002-3437-3732>

**Abstract.** The research is aimed at solving an important scientific-applied and socio-economic problem of improving the water management situation in the Dnipro basin, including its urban landscapes, through probabilistic assessments of hydrological risks from dangerous natural phenomena based on world experience. As a result of a comprehensive analysis of the current state of mathematical modeling of hydrological processes in Ukraine and the world, the author's mathematical model of the formation, calculation, and long-term forecasting of the characteristics of spring floods, which can also be applied to rivers in other countries, has been substantiated. The proposed complex model for the rivers of the Dnipro basin (including for small rivers, usually not covered by flow observation data) was implemented, taking into account modern climatic changes of the winter-spring period on the database of global climate modeling of leading European research centers. Calculations were made on the materials of the fourth and fifth assessment reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Data from the CORDEX - Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment, created by the World Climate Research Program to form an ensemble of prognostic regional climate models on all continents on a global scale, were used for modeling on the basis of the data of the fifth assessment report. The research used data on precipitation and air temperature implemented in the regional climate model RACMO2, which combines physical schemes developed by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and a dynamic basis from the HIRLAM model. When there is a threat of flooding of urban landscapes, the method of predicting watersheds with a cartographic presentation of possible risks provides a basis for substantiating the action plans of the relevant units for safe evacuation and protection of the population. The ecological and hydrochemical characteristics of the waters of the rivers of the Dnipro basin based on

indicators of water mineralization, the concentration of major ions, biogenic substances, and specific substances of toxic action make it possible to detect the anthropogenic load on the basin and optimize water protection activities.

**Keywords:** spring flood, probabilistic forecasting, water quality estimation, hydrological risks, climate change.

**ОВЧАРУК Валерія Анатоліївна** – д-р геогр. наук, доцент, директор Навчально-наукового гідрометеорологічного інституту Одеського державного екологічного університету, 65016, вул. Львівська, 15, Одеса, Україна, <https://orcid.org/0000-0001-5654-3731>

**ШАКІРЗАНОВА Жаннетта Рашидівна** – д-р геогр. наук, професор, професор кафедри гідрології суші Одеського державного екологічного університету, 65016, вул. Львівська, 15, Одеса, Україна, <https://orcid.org/0000-0003-0600-5657>

**КІЧУК Наталія Сергіївна** – канд. геогр. наук, доцент, доцент кафедри гідрології суші Одеського державного екологічного університету, 65016, вул. Львівська, 15, Одеса, Україна <https://orcid.org/0000-0002-8165-6743>

**ГОПЦІЙ Марина Володимирівна** – канд. геогр. наук, старший викладач кафедри гідрології суші Одеського державного екологічного університету, 65016, вул. Львівська, 15, Одеса, Україна <https://orcid.org/0000-0002-3437-3732>

**Анотація.** Дослідження спрямоване на розв'язання важливої науково-прикладної та соціально-економічної проблеми покращення водогосподарської обстановки в басейні Дніпра, в тому числі його урболандшафтів, шляхом ймовірнісних оцінок гідрологічних ризиків від небезпечних природних явищ, спираючись на світовий досвід. В результаті всебічного аналізу сучасного стану математичного моделювання гідрологічних процесів в Україні та світі обґрунтована авторська математична модель формування, розрахунку та довгострокового прогнозування характеристик водопіль, яка також може бути застосована для річок інших країн. Реалізовано запропоновану комплексну модель для річок басейну Дніпра (у тому числі й для невеликих, зазвичай не охоплених даними стокових спостережень, річок) з урахуванням сучасних кліматичних змін зимово-весняного періоду на базі даних глобального кліматичного моделювання провідних європейських дослідницьких центрів. Розрахунки проводились на матеріалах четвертої та п'ятої оціночних доповідей Міжурядової групи по кліматичних змінах (IPCC). При моделюванні на даних п'ятої оціночної доповіді використовувались дані експерименту CORDEX – Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment, що створений Всесвітньою програмою досліджень клімату для формування ансамблю прогностичних регіональних кліматичних моделей на всіх континентах в глобальному масштабі. Для досліджень використовувались дані про опади та температуру повітря, які реалізовані в регіональній кліматичній моделі RACMO2, що поєднує в собі фізичні схеми, розроблені Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF), і динамічну основу від моделі HIRLAM. При виникненні загрози затоплення урболандшафтів методика прогнозування водопіль з картографічним представленням можливих ризиків надає підґрунтя для обґрунтування планів дій відповідних підрозділів по безпечній евакуації та захисту населення. Еколого-гідрохімічна характеристика вод річок басейну Дніпра на основі показників

мінералізації води, концентрації головних іонів, біогенних речовин і специфічних речовин токсичної дії дає можливість виявити антропогенне навантаження на басейн і оптимізувати водоохоронну діяльність.

**Ключові слова:** весняне водопілля, ймовірнісне прогнозування, оцінка якості води, гідрологічні ризики, зміни клімату.

На сьогодні вплив пов'язаних з погодою і кліматом небезпек на економіку, здоров'я людини і екосистеми посилюється соціально-економічними змінами і змінами навколишнього середовища (наприклад, демографічний розвиток, зміни в землекористуванні та зміна клімату).

За даними Європейського агентства з навколишнього середовища [1] між 1980 і 2020 роками погодні та кліматичні екстремальні явища становлять 80 % загальних економічних збитків, спричинених природними небезпеками в державах-членах ЄС, що становить 487 мільярдів євро. Це еквівалентно 11,9 млрд євро на рік.

Небезпечні гідрологічні явища здебільшого являють собою певні різного походження, і вони спричинили 43 % економічних збитків (рис. 1) за останні 30 років.

**Методика ймовірнісного моделювання стоку весняного водопілля.** У 2000 р. Є. Д. Гопченком [3] запропоновано операторний підхід до побудови розрахункової бази для нормування характеристик максимального стоку з річкових водозборів, який можна використовувати й для оцінки схилового припливу з сучасних урболандшафтів,

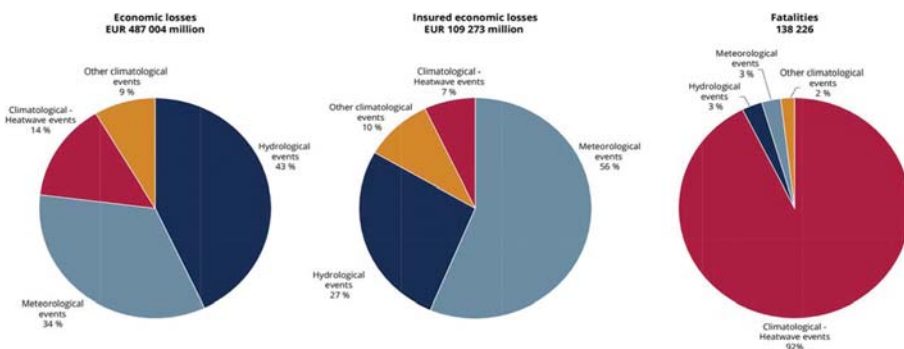


Рис. 1. Економічні збитки, спричинені екстремальними явищами, пов'язаними з погодою та кліматом, у країнах-членах ЄС (1980–2020 рр.) – за типом небезпеки на основі CATDAT [2]

Fig. 1. Economic losses from extreme weather and climate-related events in EU Member States (1980-2020) - by hazard type based on CATDAT [2]

зокрема. В подальшому свій розвиток ця модель знайшла у сумісних працях Є. Д. Гопченка з його учнями, зокрема вперше реалізована на прикладі басейну Сіверського Дінця у спільній монографії з В. А. Овчарук [4]. До практичного застосування операторна структура доведена на прикладі річок Причорноморської низовини, басейнів річок Прип'яті і Сіверського Дінця, Десни та Вісли, річок Криму, Карпат, Алжиру [4-10].

З огляду на те, що останнім часом відбуваються регіональні і глобальні зміни клімату, при розрахунках стокових характеристик виникає необхідність введення відповідних поправок. Операторна модель дає можливість вводити «кліматичні поправки» безпосередньо до максимальних снігозапасів і стокоформуєчих опадів в період весняного водопілля та паводків, а також до коефіцієнтів стоку.

Модифікований варіант операторної моделі пропонується як розрахункова методика для визначення на рівнинній території України максимального стоку невивчених у гідрологічному відношенні річок у період весняного водопілля [11, 12], а розрахункове рівняння має вигляд:

$$q_p = q'_{1\%} \Psi(t_p / T_0) \mathcal{E}_F r \lambda_p k_{зм}, \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2, \quad (1)$$

де  $r$  – коефіцієнт редукції під впливом озер, водосховищ, ставків проточного типу;  $\mathcal{E}_F$  – трансформаційна функція, яка обумовлена русло-заплавним регулюванням;  $\Psi(t_p/T_0)$  – трансформаційна функція, яка обумовлена часом руслового добігання;  $\lambda_p$  – коефіцієнт переходу від опорної 1%-ї ймовірності перевищення до будь-якої іншої;  $q'_{1\%}$  – модуль схилового припливу, який розраховується за рівнянням

$$q'_{1\%} = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} (S_m + \Sigma X)_{1\%} \eta, \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2, \quad (2)$$

де:  $(n+1)/n$  – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу до руслової мережі;  $T_0$  – тривалість схилового припливу (у годинах);  $\eta$  – коефіцієнт стоку;  $S_m$  – максимальні снігозапаси до початку водопілля, мм;  $\Sigma X$  – кількість опадів від дати  $S_m$  до закінчення водопілля, мм;  $\rightarrow k_{зм}$  – коефіцієнт змін клімату, який розраховується за формулою

$$k_{зм} = \frac{(\bar{S}_m + \bar{\Sigma X}) \cdot \eta)_{\text{прогн.}}}{(\bar{S}_m + \bar{\Sigma X}) \cdot \eta)_{\text{сучасн.}}} \quad (3)$$

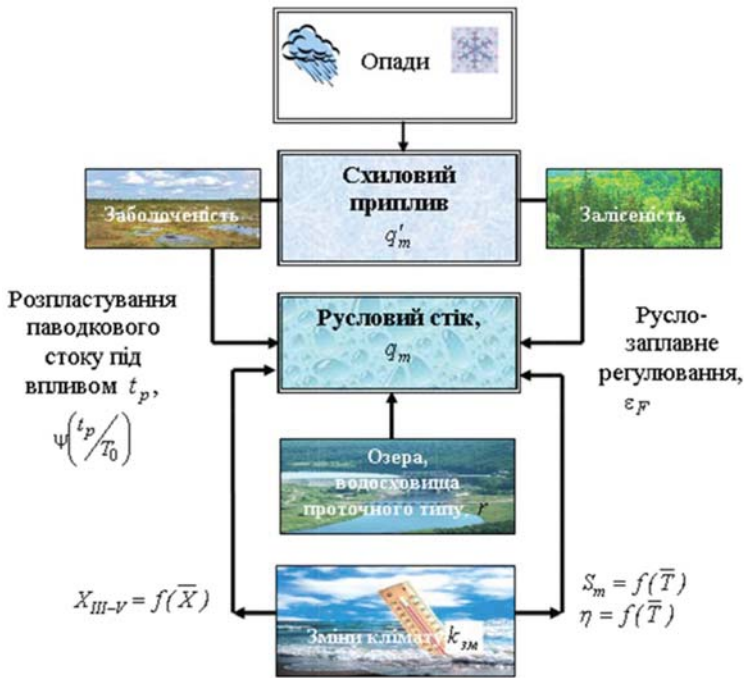


Рис.2. Блок-схема формування максимального стоку весняного водопілля в умовах змін клімату

Fig. 2. Block diagram of the maximum flow formation for spring irrigation in case of climate change

У формулі (3) прогнозі значення середньобагаторічних максимальних снігозапасів, опадів та коефіцієнтів стоку весняного водопілля отримані з використанням їх залежностей від прогнозних значень температури та опадів за обраним сценарієм та моделлю. Відповідні сучасні значення тих же величин отримані за результатами розрахунків по наявних рядах спостережень.

З урахуванням нової редакції розрахункової формули (2), в схемі операторної моделі формування максимального стоку весняного водопілля в умовах змін клімату додається блок «зміни клімату», який представлений відповідним коефіцієнтом (рис. 2).

Модифікований варіант операторної моделі реалізований для рівнинних річок України в дисертаційному дослідженні В. А. Овчарук [12] на даних гідрометеорологічних спостережень до 2010 року включно. В даному дослідженні виконане уточнення існуючих параметрів методики на матеріалах спостережень до 2015 року та практична реалізація модифікованої моделі в умовах змін клімату для басейну р. Дніпро та його урболандшафтів.

Для річок басейну Дніпра (в межах України) визначені:

1. максимальні витрати води та шари стоку весняного водопілля рідкісної ймовірності перевищення на основі сучасних вихідних даних;
2. характеристики схилового припливу під час проходження весняного водопілля;
3. коефіцієнти впливу факторів підстильної поверхні (залісеності, заболоченості, озерності та карсту) на величину максимальних витрат весняного водопілля;
4. коефіцієнти впливу можливих змін клімату на максимальні снігозапаси, опади та коефіцієнт стоку в період весняного водопілля з врахуванням сценаріїв змін клімату RCP 4.5 та RCP 8.5 регіональній кліматичній моделі RASMO2 (рис. 3).

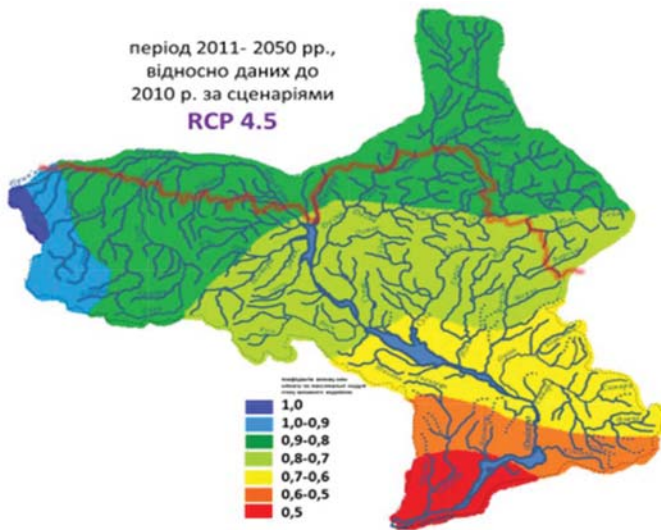
Розподіл коефіцієнтів впливу змін клімату на максимальні модулі стоку весняного водопілля по території басейну Дніпра на період 2011–2050 рр. відносно даних до 2010 р. за сценаріями RCP 4.5 (рис. 3а) показує, що  $k_{зм}$  змінюється від 1,0 у верхів'ях Прип'ять (Українська частина) і поступово зменшується на південь до 0,5 – у нижній частині басейну.

За сценарієм RCP 8.5 (рис. 3б) розподіл коефіцієнтів впливу змін клімату на максимальні модулі стоку весняного водопілля по території басейну Дніпра на період 2011–2050 рр., відносно даних до 2010 р. також має загальну тенденцію до зменшення величин  $k_{зм}$  по території від 0,9 на північному заході суббасейну Прип'яті – до 0,4 на півдні суббасейну Нижнього Дніпра.

Це означає, що протягом розглядуваного періоду на півночі басейну суттєвих змін у формуванні весняного водопілля не слід очікувати, отже, можливі й доволі високі повені, до яких мають бути готові населення та водогосподарські організації. З іншого боку, на півдні досліджуваної території ймовірність високих та катастрофічних водопіль знижується практично в два рази. Тем не менш це не означає, що ця територія та її урбанізовані ландшафти можуть гарантовано не очікувати повеней – змінюється їх характер й більш ймовірним буде формування паводків у теплу частину року, які можуть також носити загрозливий характер для населення та комунального господарства великих міст та окремих населених пунктів.

**Методика довгострокового територіального оперативного прогнозування характеристик весняного водопілля.** Завчасна оцінка ризиків затоплення урболандшафтів, для яких існує такий ризик, може бути більш ефективною при просторовому гідрологічному моніторингу в період найбільш багатоводної фази режиму рівнинних річок України (у т.ч. української території басейну

а)



б)

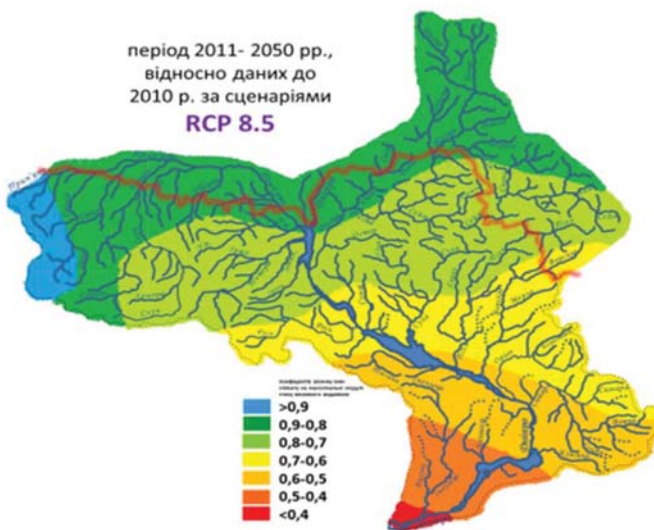


Рис. 3. Розподіл коефіцієнтів впливу змін клімату на максимальні модулі стоку весняного водопілля на річках басейну Дніпра на період 2011–2050 рр. відносно даних до 2010 р. за сценаріями RCP 4.5 (а) та RCP 8.5 (б)

Fig. 3. Distribution of coefficients of climate change impact on the maximum flow modules of spring irrigation for the Dnipro basin rivers, 2011-2050, relative to the data before 2010 under the RCP 4.5 (a) and RCP 8.5 (b) scenarios

р. Дніпро) – весняного водопілля. Під час проходження водопілля можуть спостерігатися катастрофічні підйоми рівнів води на річках, що тягне за собою людські жертви, переселення жителів та екологічні небезпеки. Від розмірів повеней багато в чому залежить безпека функціонування

об'єктів господарювання, населених пунктів, шосейних і залізничних шляхів сполучення, гідротехнічних споруд тощо [13].

Основними рисами сучасних методів гідрологічного прогнозування стоку річок є моделюючі комплекси, які дозволяють математично описувати випадкові зміни метеорологічних впливів на річковий водозбір, зокрема на стокові процеси у динаміці їх розвитку у часі, а також створення просторових моделей прогнозування і представлення прогнозної інформації у картографічному вигляді. Моделювання річкового стоку стає важливим елементом при плануванні та управлінні системами водопостачання та контролю, а також при наданні річкових прогнозів і прогнозів служби попередження Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) [14].

Прикладом сучасної моделі для довгострокових гідрологічних прогнозів шарів стоку весняного водопілля рівнинних річок є модель «СЛОЙ-2» (Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, автор М. М. Сусідко), що призначена для дослідження динаміки зимово-весняних процесів на річковому водозборі та дозволяє виконувати довгострокове прогнозування характеристик весняного стоку [15]. Модель формування весняного стоку «СЛОЙ-2» дозволяє використовувати її в різних урболандшафтних умовах як для аналізу процесів снігонакопичення та сніготанення, зміни стану підстильної поверхні водозбору – динаміки глибини промерзання і відтаювання ґрунтів, їх зволоженості, так і прогнозування шарів (об'ємів) стоку водопілля.

В Одеському державному екологічному університеті обґрунтований науковий метод територіального довгострокового прогнозування максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля річок рівнинних урболандшафтів, строків проходження водопілля [5, 16-18]. Метод прогнозу заснований на попередньому встановленні типу або діагнозі водності майбутньої весни, отриманні за регіональними залежностями прогнозних величин, їх представлення у картографічному вигляді.

Методичною базою комплексного підходу до територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля (шарів стоку та максимальних витрат води) рівнинних річок [5, 16-18] є встановлення регіональних залежностей стокових величин від сумарної кількості води, що формує стік водопілля, - максимальних запасів води в сніговому покриві, дощових опадів періоду танення снігу і на спаді водопільної хвилі.

Основні практичні етапи реалізації методики територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля представлені у вигляді блок-схеми (рис. 4) та здійснені у вигляді комп'ютерних прогностичних комплексів (рис. 5).

За графічним виглядом регіональних прогнозних залежностей і можливістю узагальнення параметрів прогнозної схеми в роботі виконано

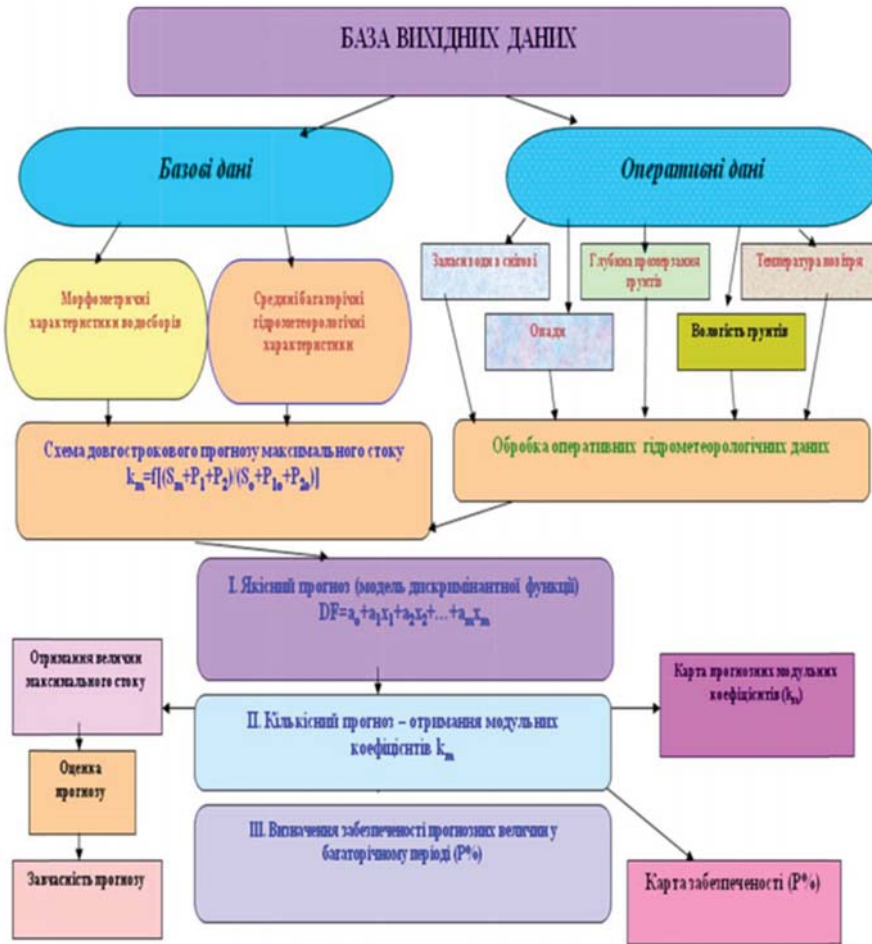


Рис. 4. Алгоритм програмних комплексів

Fig. 4. Software algorithm

районування території басейну Дніпра. При цьому виділено, в основному по вододілах річок, дев'ять районів (з підрайонами) з близькими природними і кліматичними умовами утворення тало-дощового весняного стоку.

Слід зазначити, що в межах виділених районів (підрайонів) має місце однаковий набір предикторів і однакові коефіцієнти рівнянь, які можуть використовуватися для усіх річок однорідних урболандшафтів, навіть за відсутності стокових спостережень на річках в їх межах.

Обґрунтовані в комплексному методі територіальних довгострокових прогнозів стокових характеристик весняного водопілля річок прогностичні карти-схеми дають можливість одночасно характеризувати великі урболандшафти басейну Дніпра, оцінюючи зони підвищеного весняного

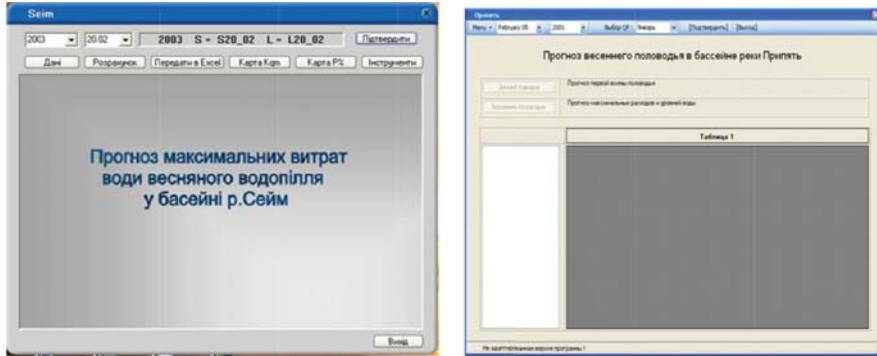
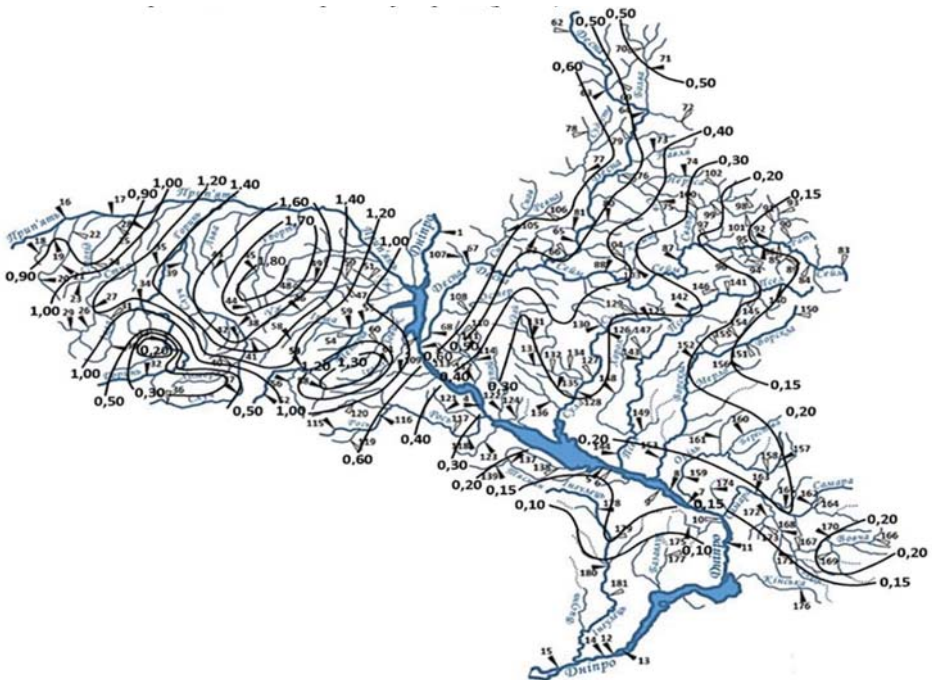


Рис.5. Діалогові вікна програмних комплексів

Fig.5. Dialogue windows of software

стоку в поточному році (на прикладі весняного водопілля 2017–2018 р.) (рис. 6), та визначати частоту повторюваності очікуваних шарів весняного стоку і максимальних витрат води в багаторічному періоді (рис. 7).

Рис. 6. Розподіл прогностичних величин модульних коефіцієнтів максимальних витрат води ( $kq$ ) весняного водопілля 2017–2018 року в басейні ДніпраFig. 6. Distribution of forecast values for module coefficients of water losses ( $kq$ ) of spring irrigation, 2017-2018, Dnipro river basin

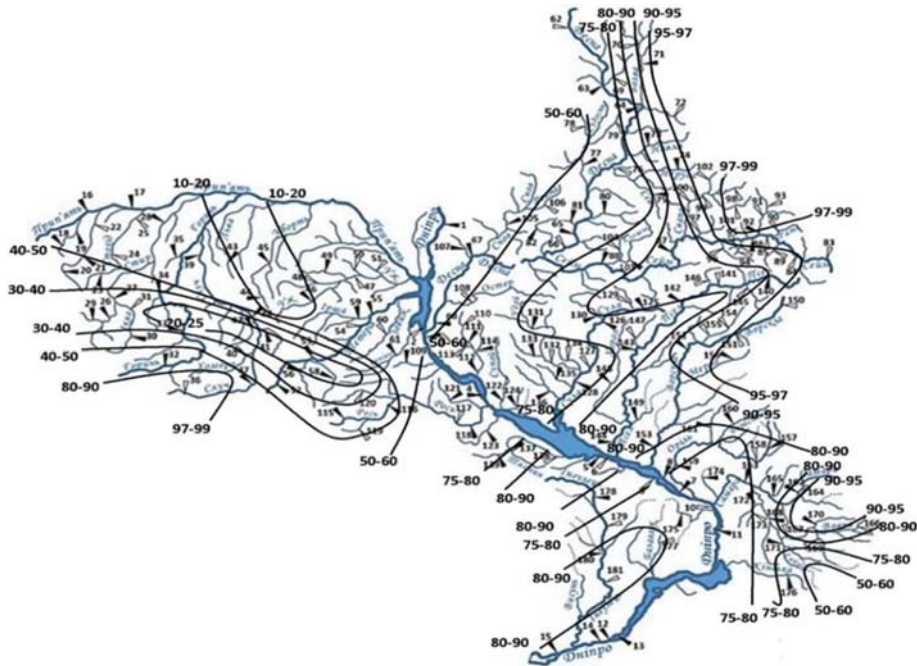


Рис. 7. Розподіл забезпеченостей прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля 2017–2018 року ( $P_{Q\%}$ ) в басейні Дніпра

Fig. 7. Distribution of provisions for forecast values of maximum water losses of spring irrigation, 2017–2018 ( $P_{Q\%}$ ) in the Dnipro river basin

У той же час, по картах-схемах очікуваних величин можна здійснювати прогноз шарів стоку чи максимальних витрат води водопілля, їх ймовірність настання у будь-якому пункті розглядуваної території, незалежно відбуваються там спостереження за річковим стоком чи ні.

Карти-схеми очікуваних гідрологічних характеристик та їх ймовірнісних оцінок щорічно складаються оперативними службами прогнозування і вчасно передаються до державних структур та відповідних служб України щодо оцінки зон підвищеної небезпеки та здійснення заходів по захисту від можливих гідрологічних ризиків у вигляді затоплення паводковими водами населених пунктів і об'єктів господарського призначення.

Можливість оцінки зон затоплення урболандшафтів під час високих водопіль пов'язана з залученням топографічних карт місцевості (при використанні технологій геоінформаційної системи, ГІС) та наявністю очікуваних максимальних рівнів води водопілля, спрогнозованих за комплексним методом довгострокових прогнозів максимальних витрат води водопіль.

**Еколого-гідрохімічна характеристика вод річок басейну Дніпра.** Для аналізу гідрохімічного режиму та екологічної оцінки якості води річок басейну Дніпра за багаторічний період спостережень (1990–2015 рр.) приймалися дані постів моніторингу гідрометеорологічної служби ДСНС України, де проводяться спостереження за гідрологічним режимом та гідрохімічними показниками води. Антропогенному впливу піддається весь басейн р. Дніпро, особливо його урболандшафти, але, на нашу думку, найбільш потужним є цей вплив на території нижньої частини Дніпра, де зосереджена основна маса промислових підприємств. Отже, нижче наведено приклад розрахунків саме для цієї частини Дніпра.

Для характеристики гідрохімічного режиму та оцінки екологічного стану Нижнього Дніпра досліджувався гідрохімічний склад р. Мокра Московка – Запоріжжя (13358), Інгулець – Кривий Ріг (13361), Садове (13362), Вовча – смт Васильківка (13354) та р. Солона – с. Новопавлівка (13356).

Для визначення сучасного екологічного стану цих об'єктів та можливих екологічних ризиків була обрана оцінка екологічної якості поверхневих вод.

Екологічна оцінка якості води дозволяє дати відповіді на такі важливі запитання, як екологічний стан водного об'єкта для потреб різних водокористувачів, напрямок змін якості поверхневих вод у хронологічному та просторовому розрізі, визначити величину антропогенної дії та ефективність водоохоронних заходів. Екологічна оцінка якості води виконана відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [19] за середніми та найгіршими значеннями. На основі гідрохімічних даних і проведених розрахунків середньорічних та найгірших (максимальних або мінімальних) показників якості води одержані чисельні значення класів та категорій якості досліджуваних вод по сольовому ( $I_1$ ), трофосапробіологічному ( $I_2$ ) блоках і блоку специфічних забруднюючих речовин токсичної дії ( $I_3$ ), а також відповідних інтегральних індексів  $I_E$ .

Відповідно до критерію забруднення компонентами сольового складу за середніми річними значеннями (табл. 1) у річці Мокра Московка спостерігався I клас 1 категорія якості води, тобто води відмінні за станом та дуже чисті за ступенем чистоти, у 76 % випадків, II клас 2 категорія якості зафіксована у 12 % випадків (води дуже добрі за станом, чисті за ступенем чистоти) та II клас 3 категорія якості (води добрі за станом, досить чисті за ступенем чистоти). Погіршення якості води відбувається за рахунок збільшення кількості як хлоридів, так і сульфатів, якість води за цим показником знижується до II класу 2-3 категорії, особливо у 2007–2009 роки.

Таблиця 1

Класифікація якості води у суббасейні Нижнього Дніпра за середніми значеннями показників сольового блоку ( $I_1$ )

| Номер поста | Клас якості по $I_1$ | Категорія якості | Екологічна класифікація |                     | Частота, % |
|-------------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|------------|
|             |                      |                  | за станом               | за ступенем чистоти |            |
| 13358       | I                    | 1                | відмінні                | дуже чисті          | 76         |
|             | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 12         |
|             |                      | 3                | добрі                   | досить чисті        | 12         |
| 13361       | I                    | 1                | відмінні                | дуже чисті          | 50         |
|             | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 46         |
|             |                      | 3                | добрі                   | досить чисті        | 4          |
| 13362       | I                    | 1                | відмінні                | дуже чисті          | 90         |
|             | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 10         |
| 13354       | III                  | 4                | задовільні              | слабко забруднені   | 54         |
|             |                      | 5                | посередні               | помірно забруднені  | 46         |
| 13356       | III                  | 4                | задовільні              | слабко забруднені   | 70         |
|             |                      | 5                | посередні               | помірно забруднені  | 30         |

У басейні р. Інгульця (табл. 1) спостерігався I клас 1 категорія якості води, тобто води відмінні за станом та дуже чисті за ступенем чистоти, у 50-90 % випадків, II клас 2 категорія якості зафіксована у 10-40% випадків (води дуже добрі за станом, чисті за ступенем чистоти). У пункті р. Інгулець – м. Кривий Ріг у 1998 році зафіксовано погіршення якості до II класу 3 категорії (води добрі за станом, досить чисті за ступенем чистоти). Погіршення якості води відбувається за рахунок збільшення кількості хлоридів, якість води за цим показником знижується до II класу 2-3 категорії у 2006–2007 роках. Стосовно басейну р. Вовчої можна відзначити, що спостерігалися води III класу 4 категорії (задовільні за станом, слабко забруднені за ступенем чистоти) у 50-70 % випадків, 5 категорія якості зафіксована у 30-46 % випадків (води посередні за станом, помірно забруднені за ступенем чистоти). Погіршення якості води відбувається за рахунок збільшення кількості сульфатів та хлоридів.

За середніми річними трофо-сапробіологічними показниками, блок  $I_2$  можна відмітити найгірший стан поверхневих вод басейну р. Вовчої, де за досліджуваний період II класу 2 категорії якості (води дуже добрі за станом, чисті за ступенем чистоти) 20-40 %, III класу 4 категорії (задовільні за станом, слабко забруднені за ступенем чистоти,  $\beta''$  - мезосапробні за сапробністю, евтрофні за трофністю) у 60-80 % випадків. Найбільший внесок у блоковий індекс  $I_2$  робили прозорість, азот амо-

нійний, осфор фосфатів, біхроматна окиснюваність, показники якості яких майже у всі роки сягали IV класу 6 категорії.

Води басейну Інгульця також у 15-25 % випадків відносяться до III класу 4 категорії (задовільні за станом, слабо забруднені за ступенем чистоти,  $\beta''$ -мезосапробні за сапробністю, евтрофні за трофністю).

Значний внесок у погіршення якості води роблять специфічні забруднюючі речовини токсичної дії. За середніми річними значеннями блокового індексу  $I_3$  (табл. 2) води р. Мокрої Московки за досліджуваний період спостерігалися II класу 3 категорії (добрі за станом, досить чисті за ступенем чистоти) у 68 % випадків, а води III класу 4 категорії (задовільні за станом, слабо забруднені за ступенем чистоти) у 32 % випадків.

Таблиця 2

Класифікація якості води у суббасейні Нижнього Дніпра за середніми значеннями показників блоку специфічних забруднюючих речовин токсичної дії ( $I_3$ )

| Номер поста | Клас якості по $I_3$ | Категорія якості | Екологічна класифікація |                     | Частота, % |
|-------------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|------------|
|             |                      |                  | за станом               | за ступенем чистоти |            |
| 13358       | II                   | 3                | добрі                   | досить чисті        | 68         |
|             | III                  | 4                | задовільні              | слабо забруднені    | 32         |
| 13361       | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 50         |
|             |                      | 3                | добрі                   | досить чисті        | 47         |
|             | III                  | 4                | задовільні              | слабо забруднені    | 3          |
| 13362       | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 56         |
|             | III                  | 3                | добрі                   | досить чисті        | 40         |
|             |                      | 4                | задовільні              | слабо забруднені    | 4          |
| 13354       | II                   | 3                | добрі                   | досить чисті        | 88         |
|             | III                  | 4                | задовільні              | слабо забруднені    | 12         |
| 13356       | II                   | 3                | добрі                   | досить чисті        | 78         |
|             | III                  | 4                | задовільні              | слабо забруднені    | 22         |

Одиничні значення якості води III класу 5 категорії спостерігалися у 2007 та 2000 роках. Найбільший внесок у блоковий індекс  $I_3$  робили мідь, цинк, хром, кількість яких у більшості років погіршувала якість води до III класу 5 категорії. Концентрації заліза загального, фенолів дозволяють віднести воду від II класу 3 категорії та II класу 2 категорії. Покращення якості за цими показниками не відмічається. У р. Інгулець води III класу 4 категорії (задовільні за станом, слабо забруднені за ступенем чистоти) у 3-4 % випадків. Найбільший внесок у блоковий індекс

$I_3$  робили мідь, цинк, марганець, кількість яких на всіх постах у всі роки погіршувала якість води у межах від III класу 5 категорії до V класу 7 категорії. Концентрації заліза загального та хрому дозволяють віднести воду від II класу 3 категорії до III класу 5 категорії. Ці забруднюючі речовини мають значний вплив і на погіршення якості води басейну р. Вовчої. У табл. 3 наводиться стан досліджуваних річок за інтегральним індексом ( $I_E$ ) за середніми значеннями за досліджуваний період.

За інтегральним індексом ( $I_E$ ) за середніми значеннями за досліджуваний період якість води р. Мокрої Московки відповідала II класу 2 категорії (19 %) та 3 категорії (81 %). Одиначні значення III класу 4 категорії відмічалися у 2007 році. Якість води в басейні р. Інгулець відповідала II класу 2 категорії (25-54%) та 3 категорії (46-71 %). На посту Інгулець Кривий Ріг (табл. 3) спостерігається 4 % повторюваностей III класу 4 категорії. Якість води в басейні р. Вовча (табл. 3) відповідала II класу 2 категорії (30-48 %) та 3 категорії (46-60 %). Спостерігається 6-10 % випадків III класу 4 категорії. Значний внесок у погіршення якості води роблять речовини трофо-сапробіологічного блоку та блоку забруднюючих речовин токсичної дії.

Аналогічні розрахунки були виконані для усіх суббасейнів Дніпра [20], результати представлені на рис. 8.



Рис. 8. Еколого-гідрохімічна характеристика вод річок басейну Дніпра

Fig. 8. Environmental-hydrochemical characteristics of waters in the Dnipro basin rivers

Таблиця 3

Класифікація якості води у суббасейні Нижнього Дніпра за інтегральним індексом ( $I_E$ ) за середніми значеннями

| Номер поста | Клас якості по $I_E$ | Категорія якості | Екологічна класифікація |                     | Частота, % |
|-------------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|------------|
|             |                      |                  | за станом               | за ступенем чистоти |            |
| 13358       | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 10         |
|             |                      | 3                | добрі                   | досить чисті        | 81         |
| 13361       | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 25         |
|             |                      | 3                | добрі                   | досить чисті        | 71         |
|             | III                  | 4                | задовільні              | слабко забруднені   | 4          |
| 13362       | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 54         |
|             |                      | 3                | добрі                   | досить чисті        | 46         |
| 13354       | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 30         |
|             |                      | 3                | добрі                   | досить чисті        | 60         |
|             | III                  | 4                | задовільні              | слабко забруднені   | 10         |
| 13356       | II                   | 2                | дуже добрі              | чисті               | 48         |
|             |                      | 3                | добрі                   | досить чисті        | 46         |
|             | III                  | 4                | задовільні              | слабко забруднені   | 6          |

**Висновки до розділу**

Дніпро – одна з найбільших річок Європи, водозбір якої оцінюють величиною 504 тис. км<sup>2</sup>, а басейн її охоплює 48 % території нашої держави. На території басейну Дніпра розташовані практично всі великі міста України, а отже, й найбільша кількість урбанізованих територій. Антропогенна діяльність має значний вплив на води р. Дніпро, яка є основним джерелом водопостачання великих промислових центрів України.

Практична та наукова значимість отриманих результатів для соціально-економічного розвитку урболандшафтів полягає у наступному:

- практична реалізація методу визначення ймовірнісних характеристик весняного водопілля дозволяє покращити водогосподарську обстановку в Дніпровському регіоні України та завчасно оцінити можливі гідрологічні ризики від проходження весняного водопілля та можливий вплив на них змін клімату;

- територіальне довгострокове прогнозування (із завчасністю до 20-40 діб і більше) максимальних витрат та рівнів води, об'ємів, строків весняного водопілля для річок в басейні Дніпра є корисним для ранньої оцінки паводкової ситуації як на окремих річках, так і на території

в цілому при визначенні можливого розливу річок і виникнення загрози підтоплення заплавлених та приміських територій;

- дослідження кількісних і якісних показників, визначення впливу водності на екологічний стан водних об'єктів басейну Дніпра дозволяє розробити рекомендації щодо здійснення заходів для запобігання можливих негативних змін та поліпшення існуючого їх стану. Досконала гідроекологічна оцінка сучасного стану водних об'єктів басейну має як екологічний, так і соціальний ефект у безпеці забезпечення питною водою споживачів на території урболандшафтів басейну Дніпра.

### Список використаних джерел до розділу

1. Economic losses from climate-related extremes in Europe. *European Environment Agency*. Indicators (3 Feb 2022). Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/ims/economic-losses-from-climate-related#footnote-NEDVA9fL>
2. Economic damage caused by weather - and climate - related extreme events in EU Member States (1980-2020) - per hazard type based on CATDAT// European Environment Agency / Data and maps / Maps and graphs (26 Jan 2022). Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/economic-damage-caused-by-weather-5/>
3. Гопченко Е. Д., Джабур Кхалдун. Обоснование расчетной методики для определения слоя паводочного стока рек Карпат на базе схемы районирования территории по условиям формирования паводков. *Метеорология, климатология и гидрология*. 1999. Вып. 39. С. 222-232.
4. Гопченко Е. Д., Овчарук В. А. Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины : монография. Одесса : ТЭС, 2002. 110 с.
5. Гопченко Е. Д., Овчарук В. А., Шакирзанова Ж. Р. *Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять* : монографія. Одеса : Екологія, 2011. 336 с.
6. Гопченко Е. Д., Кічук Н. С., Овчарук В. А. *Максимальний стік дощових паводків на річках Півдня України* : монографія. Одеса : ТЕС, 2016. 212 с.
7. Ladjel M., Goptshenko E., Ovcharuk V. Maximum runoff of the flood on wadis of northern part of Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 2014. Vol. 6(1). P. 66-78; <http://old.jfas.info/index.php/JFAS/article/view/240>
8. Ovcharuk V., Gopchenko E., Kichuk N., Shakirzanova Z., Kushchenko L. & Myroschnichenko M. Extreme hydrological phenomena in the forest steppe and steppe zones of Ukraine under the climate change. *Published by Copernicus Publications on behalf of the International Association of Hydrological Sciences*. IAHS, 383, 229-235, 2020 <https://doi.org/10.5194/piahs-383-229-2020>
9. Ovcharuk V., Gopchenko E., Todorova O., Myrza K. Calculating the characteristics of flash flood on small rivers in the mountainous Crimea. *Karakteristike naglih poplava malih rijeka planinskog krima. Geofizika*, 2020, Vol. 37(1), p. 27-43. <https://doi.org/10.15233/gfz.2020.37.3>
10. Гопченко Е. Д., Овчарук В. А., Шакирзанова Ж. Р., Гопцій М. В., Траскова А. В., Швець Н. М., Сербова З. Ф., Тодорова О. І. Моделювання екстремально високих паводків на прикладі гірських регіонів України. *Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Геологія*. 2018. Вип. 3(82). С 6-15.
11. Овчарук В. А., Гопченко Е. Д. Сучасна методика нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок України. *Український географічний журнал*. 2018. №2(102). С. 26-33.

12. Овчарук В. А. *Максимальний стік весняного водопілля рівнинних річок України* : монографія. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 300 с.
13. Директива № 2007/60/ЄС Європейського парламенту і Ради ЄС про оцінку і управління ризиками, пов'язаними з повеннями. URL: [http://buvrtyusa.gov.ua/newsite/wpcontent/uploads/2012/10/checked\\_dir\\_2007\\_60\\_ua.doc](http://buvrtyusa.gov.ua/newsite/wpcontent/uploads/2012/10/checked_dir_2007_60_ua.doc) (дата звернення 15.08.2022).
14. *Guide to Hydrological Practices*, Volume II: Management of Water Resources and Applications of Hydrological Practices. WMO. No. 168. 2009. 302 p. URL: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=222](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=222)
15. Кочелаба Е. И., Окорский В. П., Соседко М. Н. Математическое моделирование процессов формирования половодного стока на территории Полесья с учетом оттепельных явлений. Труды УкрНИГМИ. 1990. Вып. 235. С. 3–18.
16. Шакірманова Ж. Р. *Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України*: Монографія. Одеса: ФОП Бондаренко М. О., 2015. 252 с.
17. Шакірманова Ж. Р., Докус А. О. *Довгострокове прогнозування характеристик весняного водопілля в басейні р.Південний Буг* : монографія. Одеса: ФОП Бондаренко М. О., 2021. 244 с.
18. Zhannetta Shakirzanova, Anhelina Dokus. *Territorial long-term forecasting of hydrological characteristics of spring floods of lowland rivers*, Editor(s): Sughosh Madhav, Shyam Kanhaiya, Arun Srivastav, Virendra Singh, Pardeep Singh, Ecological Significance of River Ecosystems, Chapter 17. Elsevier, 2022, Pages 325-350, ISBN 9780323850452, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85045-2.00020-0>
19. Романенко В. Д., Жукинський О. П., Оксикюк О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ : Символ-Г, 1998. 28 с.
20. Науково-методична база для встановлення розрахункових характеристик весняного водопілля в басейні Дніпра в умовах мінливості клімату : звіт про НДР (заклучний) / ОДЕКУ ; наук. кер. Гопченко Є. Д. № держреєстрації 0117U002424. Одеса, 2019. 754 с.

---

## References to the chapter

1. Economic losses from climate-related extremes in Europe. European Environment Agency. Indicators (3 Feb 2022). Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/ims/economic-losses-from-climate-related#footnote-NEDVA9FL>
2. Economic damage caused by weather - and climate - related extreme events in EU Member States (1980-2020) - per hazard type based on CATDAT// European Environment Agency / Data and maps / Maps and graphs (26 Jan 2022). Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/economic-damage-caused-by-weather-5/>
3. Гопченко, Е. Д., Ябур, Халдун (1999). Justification of the calculation method for determining the flood flow layer of the Carpathian rivers on the basis of the territory zoning scheme according to the conditions of flood formation. *Meteorology, climatology and hydrology*. 39, 222-232.
4. Гопченко, Е. Д., Овчарук, В. А. (2002). Formation of the maximum flow of spring water in the conditions of the south of Ukraine: monograph. Odessa: TES.
5. Гопченко, Е. Д., Овчарук, В. А., Шакірманова, Ж. Р. (2011). *Calculations and long-term forecasts of the characteristics of the maximum runoff of spring irrigation in the Pripjat river basin*: monograph. Odessa: Ecology.
6. Гопченко, Е. Д., Кичук, Н. С., Овчарук, В. А. (2016). The maximum flow of rain floods on the rivers of Southern Ukraine: monograph. Odessa: TES.

7. Ladjel, M., Goptshenko, E., Ovcharuk, V. (2014). Maximum runoff of the flood on wadis of the northern part of Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 6(1). 66-78; Retrieved from <http://old.jfas.info/index.php/JFAS/article/view/240>
8. Ovcharuk, V., Gopchenko, E., Kichuk, N., Shakirzanova, Z., Kushchenko, L. & Myroschnichenko, M. (2020). Extreme hydrological phenomena in the forest steppe and steppe zones of Ukraine under the climate change. *Published by Copernicus Publications on behalf of the International Association of Hydrological Sciences*. IAHS, 383, 229–235, 2020 <https://doi.org/10.5194/piahs-383-229-2020>
9. Ovcharuk, V., Gopchenko, E., Todorova, O., Myrza, K. (2020). Calculating the characteristics of flash flood on small rivers in the mountainous Crimea. Characteristics of naglih poplava malih rijeka planinskoga krma. *Geophysics*, 37(1), 27-43. <https://doi.org/10.15233/gfz.2020.37.3>
10. Hopchenko, E. D., Ovcharuk, V. A., Shakirzanova, Zh. R., Hoptsii, M. V., Traskova, A. V., Shvets, N. M., Serbova, Z. F., Todorova, O. I. (2018). Modeling extremely high floods on the example of mountainous regions of Ukraine. *Bulletin of Kyiv National University named after T. Shevchenko. Geology*. 3(82). 6-15.
11. Ovcharuk, V. A., Hopchenko, E. D. (2018). Modern method of normalization of the characteristics of the maximum flow of spring irrigation of lowland rivers of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*. 2(102), 26-33.
12. Ovcharuk, V. A. (2020). *The maximum flow of spring irrigation of lowland rivers of Ukraine*: monograph. Odesa: Helvetica Publishing House.
13. Directive No. 2007/60/EC of the European Parliament and the Council of the EU on the assessment and management of risks related to floods. Retrieved from [http://buvrtyisa.gov.ua/newsite/wpcontent/uploads/2012/10/checked\\_dir\\_2007\\_60\\_ua.doc](http://buvrtyisa.gov.ua/newsite/wpcontent/uploads/2012/10/checked_dir_2007_60_ua.doc) (access date 08/15/2022).
14. *Guide to Hydrological Practices*, (2009). Volume II: Management of Water Resources and Applications of Hydrological Practices. WMO. 168. 302. Retrieved from URL: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=222](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=222)
15. Kochelaba, E. I., Okorsky, V. P., Sosedko, M. N. (1990). Mathematical modeling of the processes of the formation of flood runoff in the territory of Polesya taking into account thawing phenomena. *Proceedings of UkrNIHMA*. 235, 3–18.
16. Shakirzanova, Zh. R. (2015). *Long-term forecasting of the characteristics of the maximum flow of the spring irrigation of lowland rivers and estuaries of the territory of Ukraine*: Monograph. Odesa: FOP Bondarenko M.O.
17. Shakirzanova, Z. R., Dokus, A. O. (2021). *Long-term forecasting of characteristics of spring irrigation in the South Bug river basin*: monograph. Odesa: FOP Bondarenko M. O.
18. Zhannetta, Shakirzanova, Anhelina, Dokus. (2022). Territorial long-term forecasting of hydrological characteristics of spring floods of lowland rivers, Editor(s): Sughosh Madhav, Shyam Kanhaiya, Arun Srivastav, *Virendra Singh, Pardeep Singh, Ecological Significance of River Ecosystems*, Chapter 17. 325 -350, ISBN 9780323850452, Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85045-2.00020-0>
19. Romanenko, V. D., Zhukinsky, O. P., Oksiyuk, O. P. et al. (1998). Methodology of ecological assessment of the quality of surface water according to the relevant categories. Kyiv: Symbol-T.
20. Scientific and methodological basis for establishing the calculation characteristics of spring irrigation in the Dnipro basin under conditions of climate variability: report on the NDR (final) / ODEKU; of science driver Hopchenko E. D. State registration number 0117U002424. Odesa, 2019. 754 p.

Наукове видання

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| <b>Максименко</b> Надія Василівна      | <b>Кочанов</b> Едуард Олексійович     |
| <b>Шкаруба</b> Антон Дмитрович         | <b>Кузик</b> Ігор Романович           |
| <b>Ачасов</b> Андрій Борисович         | <b>Кузьміна</b> Анастасія Юрївна      |
| <b>Безсонний</b> Віталій Леонідович    | <b>Кущенко</b> Лілія Вікторівна       |
| <b>Бігуньова</b> Марія                 | <b>Назарук</b> Микола Миколайович     |
| <b>Боярин</b> Марія Володимирівна      | <b>Некос</b> Алла Наумівна            |
| <b>Бурченко</b> Світлана Володимирівна | <b>Овчарук</b> Валерія Анатоліївна    |
| <b>Василюк</b> Руслана Михайлівна      | <b>Пасечний</b> Петер                 |
| <b>Вернерова</b> Єва                   | <b>Пересадько</b> Віліна Анатоліївна  |
| <b>Воронін</b> Владіслав Олександрович | <b>Рубашек</b> Юстина                 |
| <b>Гололобова</b> Олена Олександрівна  | <b>Семанчікова</b> Єва                |
| <b>Гопцій</b> Марина Володимирівна     | <b>Сепп</b> Калев                     |
| <b>Гречко</b> Аліна Андріївна          | <b>Скриган</b> Анна Юрївна            |
| <b>Звягінцева</b> Карина Олександрівна | <b>Уткіна</b> Катерина Богданівна     |
| <b>Йона</b> Ласло                      | <b>Царик</b> Любомир Петрович         |
| <b>Кичук</b> Наталія Сергіївна         | <b>Черкашина</b> Надія Іванівна       |
| <b>Клєщ</b> Анастасія Анатоліївна      | <b>Шакірманова</b> Жаннетта Рашидівна |
| <b>Коваль</b> Ірина Михайлівна         | <b>Шпаківська</b> Ірина Миронівна     |

**ЗЕЛЕНО-БЛАКИТНА ІНФРАСТРУКТУРА В МІСТАХ  
ПОСТРАДЯНСЬКОГО ПРОСТОРУ: ВИВЧЕННЯ СПАДЩИНИ  
ТА ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ДОСВІДУ КРАЇН V4**

***Колективна монографія  
За редакцією Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба***

(Англ., укр. мовами)

Комп'ютерне верстання *Н. О. Ваніна*  
Макет обкладинки *Н. Є. Пруднік*

Формат 70×100/16. Ум. друк. арк. 23,6. Наклад 50 пр. Зам. № 131/22.

Видавець і виготовлювач  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009

Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна  
Тел. 705-24-32



supported by

• Visegrad Fund