

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2026-350-38>

УДК 502/504:528:712.4(477.43)

JEL Classification: Q 26; Q50

СКРИПЧУК Петро

Національний університет водного господарства та природокористування

<https://orcid.org/0000-0002-2835-4711>

e-mail: petroskrypchuk@gmail.com

РИБАК Віктор

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3430-2704>

e-mail: ribakvv@ukr.net

КАЗИМІРОВА Людмила

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5063-8764>

e-mail: kazimirovaliu@khmnu.edu.ua

ШЕВЧЕНКО Сергій

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-7558-255X>

e-mail: shevchenkos@khmnu.edu.ua

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ГІС-МОДЕЛЬ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

У статті досліджено еколого-економічну ефективність озеленення міста Хмельницького в умовах сучасних кліматичних змін та розроблено ГІС-модель просторового аналізу зелених насаджень. Визначено основні екологічні функції міських зелених зон, зокрема їх вплив на мікроклімат, якість повітря, водний баланс та біорізноманіття. Проведено економічну оцінку ефективності від озеленення та проаналізовано еколого-економічну ефективність впливу автотранспорту на довкілля, що підтвердило значний соціально-економічний ефект від розвитку зеленої інфраструктури. За допомогою ГІС-технологій створено модель, яка дозволяє виявити диспропорції у розподілі зелених насаджень, визначити пріоритетні території для їхнього збільшення та оптимізувати планувальні рішення. Отримані результати можуть бути використані для формування стратегій адаптації міста до змін клімату та підвищення його екологічної стійкості.

Ключові слова: еколого-економічна ефективність озеленення; геоінформаційна модель; зміни клімату.

SKRYPCHUK Petro

The National University of Water and Environmental Engineering

RYBAK Victor, KAZIMIROVA Liudmila, SHEVCHENKO Sergii

Khmelnytskyi National University

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY AND GIS MODEL OF URBAN GREENING IN KHMELNYTSKYI UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS

The article presents a comprehensive study of the ecological and economic efficiency of urban greening in the city of Khmelnytskyi under the increasing influence of climate change in the context of sustainable development of urban ecosystems. Particular attention is focused on identifying the key ecological functions of urban green areas, which ensure microclimate stabilization, improvement of air quality, regulation of the water balance, and maintenance of local biodiversity. The study highlights the importance of green spaces as elements of the city's natural-ecological framework that contribute to enhancing the resilience of the urban environment to growing anthropogenic pressures.

An ecological and economic assessment of the effectiveness of greening is carried out, including an analysis of electricity consumption for street lighting, heating, and cooling of buildings, which is especially relevant under martial law in Ukraine and the deficit of energy resources. Special attention is given to examining the environmental impact of motor vehicles and determining the role of green infrastructure in reducing negative consequences of transport loads. The results demonstrate a significant ecological and economic effect of expanding green areas, particularly due to reduced pollution levels, lower incidence of diseases among residents, increased living comfort, and an overall improvement of the urban environment.

Using GIS technologies, a spatial model was developed to analyze objects of the nature reserve fund, recreational areas, and green plantings, enabling the identification of disproportions in their distribution, determination of territories with insufficient greening, and justification of priority directions for green infrastructure development. The research findings may be used to form urban climate adaptation strategies, improve planning decisions, and enhance the ecological resilience of urbanized territories.

Keywords: ecological and economic efficiency of greening; geoinformation model; climate change.

Стаття надійшла до редакції / Received 23.12.2025

Прийнята до друку / Accepted 23.01.2026

Опубліковано / Published 29.01.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Скрипчук Петро, Рибак Віктор, Казімірова Людмила, Шевченко Сергій

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

В сучасних умовах кліматичних змін дедалі більше політичних рішень і стратегій концентруються навколо зниження викидів парникових газів, що є цілком логічно з огляду на їхній вплив на формування парникового ефекту. Підвищення концентрації вуглекислого газу в атмосфері спричиняє численні довгострокові та часто незворотні негативні наслідки для навколишнього середовища, добробуту людства та призводить до економічних збитків. Зокрема, це стосується зростаючого ризику нестачі продовольства та прісної води, збільшення частоти й інтенсивності екстремальних погодних явищ, ураганів, масштабних посух, втрати біорізноманіття та загибелі людей. Ці явища, у свою чергу, поглиблюють соціальну нерівність, створюючи дисбаланс у доступі до базових ресурсів між різними країнами та групами населення, що особливо яскраво виражено в сучасних урбоекосистемах.

Актуальність та важливість обраної теми також підтверджують глобальні цілі збалансованого розвитку до 2030 року (25-27 вересня 2015 року, Саміт під час 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН) передбачають: 1. Ціль 11. Зробити міста і населені пункти інклюзивними, безпечними, життєстійкими та збалансованими; 2. Ціль 15. Забезпечити захист і відновлення наземних екосистем і сприяти їх збалансованому використанню; припинити процес деградації земель і розпочати їх відновлення та зупинити втрати біорізноманіття (Мал. 1.).

Однак обмеження викидів вуглекислого газу є недостатнім для забезпечення сталого розвитку. Інші атмосферні забруднювачі, зокрема оксиди азоту, діоксид сірки та тверді частинки (PM₁₀ і PM_{2.5}), чинять не менш серйозний вплив як на глобальні кліматичні процеси, так і на локальні, зокрема і на здоров'я людей та стан урбоекосистем. У багатьох випадках ці забруднювачі мають ще сильніший короткостроковий вплив на навколишнє середовище та якість життя людини. Попри високу обізнаність щодо проблеми забруднення повітря, вона залишається порівняно маргіналізованою в політичних дискусіях, особливо у глобальному контексті, також мало уваги звертається на питання економічних збитків від забруднення навколишнього середовища, перегріву міст через недостатню кількість зелених насаджень, перевитрати енергоресурсів на охолодження приміщень, автомобілів та міського транспорту, погіршення самопочуття населення.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженнями еколого-економічної ефективності зелених насаджень та їх ролі в збереженні довкілля та здоров'я населення займалися багато українських та зарубіжних вчених, зокрема А.А. Гречко провела аналіз досвіду та переваг застосування зелених дахів як елементу зеленої інфраструктури, що прямо стосується економіко-екологічного ефекту озеленення міської забудови. Дослідженням можливості зелених інфраструктурних рішень у сфері міського транспорту, включно з критеріями ефективності зеленої інфраструктури займалися А.В. Шлапак, О.А. Юрченко, К.О. Никонюк. Грунтовний аналіз ролі екологічних податків як інструменту підтримки зеленої економіки та стійкої інфраструктури провели О.І. Тверезовська та Я.В. Самусевич., також ці автори дослідили фінансову підтримку розвитку зеленої інфраструктури, включаючи міжнародні практики, а також український контекст щодо екологічного фінансування. Зокрема, Гавриш В. І. проводив дослідження еколого-економічної ефективності мобільних енергетичних засобів з електричним приводом враховуючи витрати та забруднення атмосферного повітря [1]. Португальський дослідник Carlos Oliveira Cruz провів дослідження економічної ефективності «зелених дахів та стін» та провів порівняння фінансових результатів та екологічних і соціальних переваг. Marija Vočkarjova провела монетизацію екосистемних вигод озеленення в ЄС, виявивши важливість озеленення для покращення якості повітря. Turcu C. у дослідженні Лондона довела кореляцію між зеленими зонами, охороною здоров'я та адаптацією до клімату.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

Попри наявність окремих досліджень, присвячених озелененню міських територій, для м. Хмельницький залишається низка важливих аспектів, які досі не отримали належного наукового опрацювання та потребують комплексного аналізу. На сьогодні не достатньо висвітлені питання, які б дозволяли визначити внесок зелених насаджень у покращення мікроклімату, очищення повітря, регулювання водного балансу та формування біорізноманіття; також відсутня оцінка економічних та соціальних вигод від цих процесів в умовах змін клімату. Не проводився еколого-економічний аналіз впливу транспортного навантаження на довкілля з урахуванням озеленення урбоекосистем, також у міському управлінні відсутні інтегровані ГІС - моделі, здатні аналізувати великі масиви просторових даних та підтримувати ухвалення ефективних рішень щодо розвитку озелених територій.

Проскції	Принципи	Практичні вимоги
Природний капітал є ключовою складовою добробуту суспільства	Завдання управління земельними, водними та біологічними ресурсами визначаються суспільством. Управління має бути, по можливості, максимально децентралізованим.	Орієнтація на функціональні взаємозв'язки та процеси в екосистемах
Екосистемні послуги – один із провідних елементів екосистемного підходу до управління економічними суб'єктами	Органи управління екосистемами повинні враховувати вплив своєї діяльності (фактичне або можливе) на суміжні або будь-які інші екосистеми.	
Матеріальні суспільні потреби в природних благах необхідно контролювати, оптимізувати і навіть знижувати, якщо їхнє зростання загрожує деградації екосистем	Визнаючи можливість позитивних результатів управління, необхідно усвідомлювати функціонування екосистем та здійснювати управління нею в економічному контексті. Будь-яка така програма управління екосистемою повинна: а) усувати диспропорції в структурі ринку, які негативно впливають на біологічне різноманіття; б) надавати стимули для збереження біологічного різноманіття та стійкого використання; в) у міру можливості зосереджувати усі витрати та вигоди всередині самої екосистеми.	Сприяння справедливому користуванню природними благами
Сталий розвиток економіки забезпечується відтворенням природного капіталу	Одним із першочергових завдань екосистемного підходу є збереження структури та функцій екосистеми з метою підтримки екосистемних послуг.	Використання стратегій адаптивного управління
	Управління екосистемами повинно здійснюватися тільки в межах природного функціонування.	
Природні можливості екосистем розглядаються як внутрішні чинники економічного розвитку	Екосистемний підхід необхідно здійснювати у відповідних просторових та часових межах.	Здійснення управління за допомогою заходів, які відповідають проблемі на засадах максимальної децентралізації у відповідних випадках
	Враховуючи мінливість часових характеристик та можливість отримання наслідків у довгостроковому періоді, властивих екосистемним процесам, цілі управління екосистемою мають бути довгостроковими.	
Пріоритет природного відтворення природного капіталу над вартісним	При управлінні екосистемами необхідно враховувати неминучість змін.	Забезпечення міжвідомчої взаємодії
Погіршення стану екосистеми визначається зниженням її відновлювальних функцій (зниженням потоку екосистемних послуг і благ), які можуть, до певних меж, компенсуватися фізичним капіталом	Екосистемний підхід повинен забезпечувати досягнення належної рівноваги між збереженням та використанням біологічного різноманіття та їх інтеграцію.	
	Екосистемний підхід повинен враховувати будь-які форми відповідної інформації, включаючи наукову інформацію, а також знання, інновації та практику місцевих громад.	
	До реалізації екосистемного підходу мають бути залучені усі зацікавлені групи суспільства.	

Рис. 1. Принципи екосистемного підходу до управління економічними системами (згідно з Додатком 3 П'ятої Конференції Сторін «Конвенції про охорону біорізноманіття»)

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є аналіз еколого-економічної ефективності озеленення міста Хмельницький в умовах змін клімату та побудова просторової ГІС-моделі зелених зон для прийняття управлінських рішень згідно концепції сталого розвитку.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Стратегії урбаністичного озеленення, зокрема засновані на принципах зеленої інфраструктури та природоорієнтованих рішеннях, демонструють значні довгострокові економічні переваги. До них можна віднести скорочення витрат на енергоспоживання будівель та транспорту, зниження навантаження на систему охорони здоров'я та зростання ринкової вартості нерухомості. Водночас реалізація таких стратегій часто ускладнюється відсутністю територій для зелених зон, створення та утримання інфраструктури, а також через недостатню поінформованість населення і хибні уявлення щодо ефективності подібних ініціатив через відсутність екологічного виховання. Бюджети міст зазвичай обмежені, що призводить до залежності проєктів

від короткострокового або одноразового фінансування, що, у свою чергу, ставить під загрозу їхню стабільність, особливо в нашій державі це ще ускладнюється умовами військового стану.

Як правило, державне фінансування покриває лише капітальні витрати, передбачаючи обмежене фінансування лише поточних витрат на обслуговування зелених зон та їхню експлуатацію. В результаті цього, багато проєктів стикаються з нехтуванням через обмежені ресурси для планового обслуговування, що звичайно призводить до деградації зелених насаджень. Для подолання цих викликів важливим є запровадження сталих фінансових інструментів, включно з державно-приватними партнерствами, а також механізмами участі громад у фінансуванні та особливо в управлінні міською зеленою інфраструктурою, що свою чергу сприятиме більш раціональному та прозорому розподілу територій між зеленими зонами та забудовою.

Крім того, природоорієнтовані рішення часто є фінансово вигіднішою альтернативою порівняно з традиційною «сірою» інфраструктурою – наприклад, у сфері управління водними ресурсами, де вони можуть ефективніше запобігати затопленням і сприяти кліматичній адаптації. Аргументом на користь таких рішень є також потенційне покращення здоров'я населення, зокрема через зниження рівня забруднення повітря та зменшення теплового навантаження, що також є надзвичайно актуальним і для м. Хмельницький. Попри те, що добробут часто важко оцінити у кількісних показниках, аналіз потенційного зменшення витрат на охорону здоров'я може бути підтвердженням доцільності інвестицій у зелену інфраструктуру.

Забруднення повітря міст чинить серйозну шкоду для здоров'я населення, зокрема це підтверджують і міжнародні дослідження. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щорічно близько 3,7 млн людей у світі помирають передчасно внаслідок впливу шкідливих речовин у повітрі. Особливо вразливими є мешканці урбоєкосистем із високою щільністю населення та низькою якістю повітря, а також діти, літні люди та особи з хронічними захворюваннями.

Клінічні дослідження доводять, що забруднене повітря значно підвищує ймовірність розвитку серйозних захворювань, зокрема інсульту, серцево-судинних хвороб, раку легенів, хронічного бронхіту та астми. Найбільш поширеними причинами смертності, пов'язаними із забрудненням атмосферного повітря, залишаються серцево-судинні захворювання та інсульт.

Вплив забрудненого повітря не обмежується сферою охорони здоров'я. Існують також суттєві економічні наслідки, які проявляються у зростанні бюджетного навантаження на системи охорони здоров'я, зниженні продуктивності праці, збільшенні кількості днів непрацездатності та загальному зниженні якості життя.

Збільшення площ зелених насаджень поліпшують якість повітря та здоров'я населення, зокрема рослини поглинають CO₂, пил, NO₂, SO₂ та інші забруднювачі, відповідно у місті з високим рівнем озеленення зменшується кількість респіраторних захворювань, знижується навантаження на систему охорони здоров'я, зменшуються втрати робочого часу через хвороби. Таким чином, забруднення повітря постає не лише як екологічна, а й як соціально-економічна проблема.

Враховуючи контекст глобальних змін клімату, міста України, зокрема місто Хмельницький, стикається з новими екологічними, соціальними та економічними викликами. Одним із ефективних інструментів адаптації до кліматичних змін саме і є озеленення міського простору, яке відіграє ключову роль у зниженні температурного навантаження, покращенні якості повітря, зменшенні витрат на енергоспоживання та підвищенні добробуту та якості життя мешканців [2].

У роботі Б. Б. Артамонова, С. М. Шевченка та А. О. Дячука «Прогноз впливу кліматичних змін у Хмельницькій області на навколишнє середовище і населення», проведені дослідження щодо кліматичних змін регіону з 2005 року, де автори стверджують, що за результатами проведеного аналізу до 2025 р. на території Хмельницької області можливе істотне зниження середньорічної кількості опадів, збережеться тенденція щодо різких стрибків показників температури, відбудеться збільшення кількості стихійних метеорологічних явищ і екстремальних погодних умов, посухи, як наслідок, зменшення площ та порушення видового складу зелених насаджень [3].

Згідно з діючим Генеральним планом міста Хмельницького 2008 року на території міста було 13 об'єктів зелених насаджень загального користування загальною площею 110,5 га. Відтоді кількість таких об'єктів значно збільшилась, а впродовж 2017-2020 рр. рішеннями Хмельницької міської ради виділено кілька десятків ділянок під об'єкти зелених насаджень загального користування та виготовлено на них технічну документацію із землеустрою. Згідно з даними Департаменту комунальної інфраструктури Хмельницької міської ради площа зелених насаджень загального користування станом на 01.01.2021 р. становить 315,0072 га, що складає 11,6 м² на одного жителя.

Для зображення об'єктів природно-заповідного фонду, об'єктів рекреації, та зелених зон за допомогою програмного забезпечення QGIS нами побудована геоінформаційна (ГІС) карта озеленення міста Хмельницький (мал. 2)

Відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 для м. Хмельницького з населенням 271748 осіб, нормативна потреба в зелених насадженнях загального користування з урахуванням вимог екологічної складової на одного мешканця складає 10,511,0 м². Таким чином, норма забезпеченості населення міста зеленими насадженнями загального користування на даний час дотримана, але якщо зараз врахувати кількість

[illegible]

- ☒  Природно-заповідний фонд
- ☒  Рекреація
- ☒  Зелені зони
- ☒  Вулиці міста
- ☒  Межі міста

Мал. 2. ГІС карта зелених зон міста Хмельницького

Ще одним важливим аспектом озеленення є зменшення споживання електроенергії на вуличне освітлення. Озеленення сприяє кращому розсіюванню світла та меншій потребі в інтенсивному освітленні через відбивання світла зеленими поверхнями, а також зменшення пилу (який поглинає світло). За прогнозами за умови оптимального проєктування можна досягти 5-10 % економії на вуличному освітленні в міських парках і зелених зонах [5, 6, 7].

Таблиця 1.

Економія електроенергії за умов використання зелених насаджень в містах [4, 5, 6] (орієнтовно)

Захід	Економія електроенергії	Примітки
Озеленення вулиць (дерева)	20-30 % зменшення споживання кондиціонерів	За рахунок тіні та охолодження повітря
Зелені дахи	10-30 % на охолодження, 5-10 % на опалення	Ефективні в теплих та помірних регіонах
Зелені фасади	До 15 °C зниження температури поверхні	Значна економія енергії на кондиціонування
Покращене вуличне освітлення	5-10 %	Через покращену видимість та менше пилу
Енергоефективність транспорту	4-25 % залежно від виду палива	Сприяє зниженню використання авто

Збільшення площ зелених насаджень сприятимуть зменшенню споживання електроенергії в транспорті. Завдяки приємнішому мікроклімату й тіні від дерев, люди охочіше будуть пересідати на велосипеди та ходити пішки замість використання кондиціонованого автомобіля.

За даними сайту «The Sun» [8] наводиться інформація про вплив роботи кондиціонера на споживання палива, а також викиди CO₂ та інших забруднювачів в електромобілях, дизельних та бензинових автомобілях. Згідно даних у бензинових автомобілях, використання кондиціонера може збільшити споживання пального на 8-10 %, що складає 0,2-0,4 л/год., у дизельних автомобілях – 4.6 %, у гібридних авто кондиціонер знижує ефективність на 15-35 %, для повністю електричних авто точних цифр у джерелах немає, але можна припустити значний вплив на електроспоживання і зменшення пробігу, особливо в спекотну погоду. З вище перерахованого можна зробити висновок, що недостатня кількість озеленення в містах призводить до зростання споживання пального, а отже – пропорційного збільшення CO₂ та інших викидів (NO_x, CO, PM).

Проаналізувавши дані та порівнявши середні витрати пального [9, 10] можна представити результати в таблиці 2.

Таблиця 2.

Витрати пального автомобілів з урахуванням використання кондиціонера і без нього (на 2025 рік), грн					
Тип авто	Витрата без кондиціонера (грн/100 км)	Витрата з кондиціонером (грн/100 км)	Витрати без кондиціонера (грн, 10 000 км)	Витрати з кондиціонером (грн, 10 000 км)	Різниця (грн)
Бензинове	522.5 ₴	569.5 ₴	52 250 ₴	56 950 ₴	+4 700 ₴
Дизельне	344.5 ₴	360.3 ₴	34 450 ₴	36 030 ₴	+1 580 ₴
Гібридне	247.5 ₴	309.4 ₴	24 750 ₴	30 940 ₴	+6 190 ₴
Електричне	108 ₴	140.4 ₴	10 800 ₴	14 040 ₴	+3 240 ₴

Для урбокосистем одним з інструментів покращення стану атмосферного повітря може бути електротранспорт. В спекотну погоду електромобілі споживають більше електроенергії, хоча не збільшують викиди безпосередньо в місті, з чого випливає висновок, що використання електромобілів зможе покращити стан атмосферного повітря в містах, що значно знизить захворюваність населення, тому враховуючи Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, влада повинна сприяти збільшенню кількості електротранспорту в Україні, економічними та адміністративними методами, а не навпаки, вводити ПДВ, мита та акцизи на їхнє ввезення, тим самим погіршуючи й так складну екологічну ситуацію в містах. Результати досліджень викидів забруднюючих речовин легковими транспортними засобами представлені в таблицях 3 та 4.

Таблиця 3.

Викиди з кондиціонером та без (на 100 км)									
Тип авто	CO ₂ без конд. (кг)	CO ₂ з конд. (кг)	NO _x без (г)	NO _x з (г)	CO без (г)	CO з (г)	PM без (г)	PM з (г)	Збільшення викидів CO ₂ (%)
Бензинове	23.5	25.6 (+9%)	45	49	2000	2180	3	3.3	+9
Дизельне	18.0	18.8 (+4.6%)	400	418	500	523	12	12.6	+4.6
Гібридне	12.0	15.0 (+25%)	25	31	800	1000	2	2.5	+25
Електро	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	–

Таблиця 4.

Викиди забруднюючих речовин легковими транспортними засобами (т/10 000 км)								
Тип авто	CO ₂ без конд.	CO ₂ з конд.	NO _x без конд.	NO _x з конд.	CO без конд.	CO з конд.	PM без конд.	PM з конд.
Бензинове	2.35	2.56	0.045	0.049	0.20	0.218	0.0003	0.00033
Дизельне	1.80	1.88	0.400	0.418	0.050	0.052	0.0012	0.00126
Гібридне	1.20	1.50	0.025	0.031	0.080	0.100	0.0002	0.00025
Електро	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000

За даними досліджень представлених в таблиці, можна зробити висновок, що за пробіг в 10 тис. км, легкові автомобілі, якими користується населення міста без достатньої кількості зелених насаджень будуть значно збільшувати викиди забруднюючих речовин, як наслідок буде підвищуватись статистика захворюваності міського населення.

Крім загальнодержавних економічних методів сприяння розвитку транспорту на альтернативних джерелах енергії в містах можна використовувати місцеві ініціативи, такі як заохочення населення місцевою владою, використовувати автомобілі на альтернативних джерелах енергії, шляхом облаштування безкоштовних паркувальних місць, сприяти пільговому кредитуванню, зниженню страхових платежів. Виходячи з міжнародної практики, дозволити електромобілям рух смугами громадського транспорту,

звільнити від ПДВ підприємств, що надають послуги з перевезень, операцій з купівлі/продажу електромобілів і зарядних станцій для них. Для загального покращення стану атмосферного повітря можна скористатись міжнародними практиками, такими, як введення певних обмежень на в'їзд у центр міста для власників автомобілів двигунами внутрішнього згорання, які не відповідають екологічним вимогам, також забезпечити збільшення парку міського транспорту, які працюють на альтернативних джерелах енергії, створити умови для заохочення населення до користування вело транспортом [11].

Органам місцевого управління при розробці комплексних програм екологічного розвитку міста, оптимізації просторового планування та формування екологічно стійкої міської інфраструктури також важливо враховувати цілі сталого розвитку урбо- й екосистем територій, які передбачають: створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохоплюючій і сталій індустріалізації та інноваціям в контексті добрих практик євроінтеграції, наприклад розумні й діджитал міста [12]; забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва; забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості населених пунктів та цілому територій громад; захист і відновлення екосистем міст; забезпечення наявності та раціонального використання водних ресурсів; вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та його наслідками; нові підходи до планування забудови міст.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Проведене дослідження засвідчує, що підвищення рівня озеленення міста Хмельницький є одним із ключових факторів адаптації міського середовища до змін клімату та забезпечення сталого соціально-економічного розвитку. Встановлено, що зелені насадження виконують важливі екологічні функції – знижують температуру повітря, покращують якість атмосферного середовища, оптимізують водний баланс та підвищують біорізноманіття міських територій. Інвестиції в озеленення мають високий рівень віддачі за рахунок зменшення витрат на охорону здоров'я, енергозбереження будівель, зниження витрат пального в транспорті, підвищення рекреаційної цінності територій і привабливості міста.

Розроблена ГІС-модель озеленення дозволила визначити просторову структуру зелених зон і сформувати пріоритетні ділянки для подальшого озеленення. Інструментарій ГІС продемонстрував високу ефективність у плануванні міських зелених інфраструктур, оскільки забезпечує точність аналізу, візуалізацію даних та покращує прийняття управлінських рішень.

Дослідженнями встановлено, що: екосистемний підхід щодо міського природокористування здатний забезпечити сталий просторовий розвиток громад; для міських урбо- й екосистем існує необхідність розвитку положень концепції екосистемного підходу, верифікації основних механізмів та адаптації їх до нормативно-правового поля ЄС в контексті євроінтеграції України; необхідна імплементація механізмів екосистемного підходу до завдання збереження потенціалу міських зелених зон на різних рівнях муніципального управління в Україні; сприяння з боку органів державної та місцевої влади сприятиме застосуванню екосистемного підходу, а також просвітницької діяльності в Україні.

В контексті євроінтеграції прослідковується запит на перетворення громад різного типу в раціональні і збалансовані місця для комфортного проживання людей, поліпшення якості обслуговування, скорочення викидів, створення сприятливого міського середовища, поліпшення умов економічної діяльності тощо.

Отримані результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування для розроблення комплексних програм екологічного розвитку міста, оптимізації просторового планування та формування екологічно стійкої міської інфраструктури. Впровадження запропонованих заходів сприятиме покращенню якості життя населення, підвищенню кліматичної стійкості міста та посиленню його еколого-економічного потенціалу.

Література

1. Гавриш В. І. Еколого-економічна ефективність мобільних енергетичних засобів з електричним приводом / В. І. Гавриш, В. С. Ніценко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2014. – Т. 20, № 4. – С. 96–103.
2. Urban greening for climate resilient and sustainable cities: grand challenges and opportunities : веб-сайт. URL: https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-cities/articles/10.3389/frsc.2025.1595280/full?utm_source=chatgpt.com
3. Артамонов Б. Б., Шевченко С. М., Дячук А. О. Прогноз впливу кліматичних змін у Хмельницькій області на навколишнє середовище і населення // Науковий вісник НЛТУ України. – 2019. – Т. 29, № 2. – С. 88–90. – <https://doi.org/10.15421/40290217>
4. Звіт про стратегічну екологічну оцінку проєкту «Стратегічний план розвитку Хмельницької міської територіальної громади на 2021-2025 роки». Хмельницький, 2021. – 52 с. – Режим доступу: https://khm.gov.ua/sites/default/files/Zvit_pro_stratichnu_ekolohichnu_otsinku.pdf
5. Hashem Akbari, Melvin Pomerantz. Cool Surfaces and Shade Trees to Reduce Energy Use and Improve Air Quality in Urban Areas : веб-сайт. URL:

https://www.researchgate.net/publication/222581591_Cool_Surfaces_and_Shade_Trees_to_Reduce_Energy_Use_and_Improve_Air_Quality_in_Urban_Areas

6. Yin, Y.; Li, S.; Xing, X.; Zhou, X.; Kang, Y.; Hu, Q.; Li, Y. Cooling Benefits of Urban Tree Canopy: A Systematic Review. *Sustainability* 2024, 16, 4955. <https://doi.org/10.3390/su16124955>
7. Sun Qi, Nangkula Utberta, Allen Lau Khin Kiet, Xu Yanfang, Han Xiyao. Effects of green façade retrofitting on thermal performance and energy efficiency of existing buildings in northern China: An experimental study : веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/389637447_Effects_of_green_facade_retrofitting_on_thermal_performance_and_energy_efficiency_of_existing_buildings_in_northern_China_An_experimental_study
8. The little-known AC button that will help slash your fuel bill & keep cars perfectly cool as temps soar this weekend : веб-сайт. URL: https://www.thesun.co.uk/motors/35391088/ac-button-slash-fuel-bill/?utm_source=chatgpt.com
9. How much gasoline is needed per 100 km? : веб-сайт. URL: https://avtoviki.org.ua/en/how-much-gasoline-is-needed-per-100-km#utm_source=chatgpt.com
10. Weiss, M.; Winbush, T.; Newman, A.; Helmers, E. Energy Consumption of Electric Vehicles in Europe. *Sustainability* 2024, 16, 7529. <https://doi.org/10.3390/su16177529>
11. Рибак В.В. Місцеві особливості переходу України на шлях сталого розвитку, на прикладі міста Хмельницького [текст] // Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія Екологія / [редкол.: Л. Г. Любінська (відп. ред.) та ін.]. — Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2017. — Випуск 2. — с. 171-182.
12. Skrypchuk, Viktor Rybak, Mykhailo Skrypchuk, Ruslan Chata. A conceptual framework for the environmental and economic security of agrarian natural resource management. *Sustainable agriculture in Ukraine: scientific monograph*. Riga, Latvia : Baltija publishing, 2023. S. 328-346. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-359-0>

References

1. Gavry'sh V. I. Ekologo-ekonomichna efektyvnist' mobil'ny'x energety'chny'x zasobiv z elektry'chny'm pry'vodom / V. I. Gavry'sh, V. S. Nichenko // Naukovi praci Nacional'nogo universy'tetu xarchovy'x tekhnologij. — 2014. — T. 20, # 4. — S. 96–103.
2. Urban greening for climate resilient and sustainable cities: grand challenges and opportunities : veb-sajt. URL: https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-cities/articles/10.3389/frsc.2025.1595280/full?utm_source=chatgpt.com
3. Artamonov B. B., Shevchenko S. M., Dyachuk A. O. Prognoz vply'vu klimaty'chny'x zmin u Xmel'ny'cz'kij oblasti na navkoly'shnye seredovy'shhe i naselennya // Naukovy'j visny'k NLTU Ukrainy'. — 2019. — T. 29, # 2. — S. 88–90. <https://doi.org/10.15421/40290217>
4. Zvit pro stratehichnu ekologichnu ocinku projektu «Strategichny'j plan rozvy'tku Xmel'ny'cz'koyi mis'koyi tery'torial'noy gromady' na 2021-2025 roky'». Xmel'ny'cz'ky'j, 2021. — 52 s. — Rezhy'm dostupu: https://khm.gov.ua/sites/default/files/Zvit_pro_stratehichnu_ekologichnu_otsinku.pdf
5. Hashem Akbari, Melvin Pomerantz. Cool Surfaces and Shade Trees to Reduce Energy Use and Improve Air Quality in Urban Areas : веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/222581591_Cool_Surfaces_and_Shade_Trees_to_Reduce_Energy_Use_and_Improve_Air_Quality_in_Urban_Areas
6. Yin, Y.; Li, S.; Xing, X.; Zhou, X.; Kang, Y.; Hu, Q.; Li, Y. Cooling Benefits of Urban Tree Canopy: A Systematic Review. *Sustainability* 2024, 16, 4955. <https://doi.org/10.3390/su16124955>
7. Sun Qi, Nangkula Utberta, Allen Lau Khin Kiet, Xu Yanfang, Han Xiyao. Effects of green façade retrofitting on thermal performance and energy efficiency of existing buildings in northern China: An experimental study : veb-sajt. URL: https://www.researchgate.net/publication/389637447_Effects_of_green_facade_retrofitting_on_thermal_performance_and_energy_efficiency_of_existing_buildings_in_northern_China_An_experimental_study
8. The little-known AC button that will help slash your fuel bill & keep cars perfectly cool as temps soar this weekend : veb-sajt. URL: https://www.thesun.co.uk/motors/35391088/ac-button-slash-fuel-bill/?utm_source=chatgpt.com
9. How much gasoline is needed per 100 km? : veb-sajt. URL: https://avtoviki.org.ua/en/how-much-gasoline-is-needed-per-100-km#utm_source=chatgpt.com
10. Weiss, M.; Winbush, T.; Newman, A.; Helmers, E. Energy Consumption of Electric Vehicles in Europe. *Sustainability* 2024, 16, 7529. <https://doi.org/10.3390/su16177529>
11. Ry'bak V.V. Miscevi osoby'vosti perexodu Ukrainy' na shlyax stalogo rozvy'tku, na pry'kladi mista Xmel'ny'cz'kogo [tekst] // Visny'k Kam'yanecz'-Podil's'kogo nacional'nogo universy'tetu ime - ni Ivana Ogiyenka. Seriya Ekologiya / [redkol.: L. G. Lyubins'ka (vidp. red.) ta in.]. — Kam'yanecz'-Podil's'ky'j : Kam'yanecz'-Podil's'ky'j na cio nal'ny'j universy'tet imeni Ivana Ogiyenka, 2017. — Vy'pusk 2. — s. 171-182
12. Skrypchuk, Viktor Rybak, Mykhailo Skrypchuk, Ruslan Chata. A conceptual framework for the environmental and economic security of agrarian natural resource management. *Sustainable agriculture in Ukraine: scientific monograph*. Riga, Latvia : Baltija publishing, 2023. S. 328-346. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-359-0>