



# Екологічно-географічні аспекти дослідження урбанізаційних процесів

Олександр РУТКОВЕЦЬКИЙ\*  <https://orcid.org/0009-0004-5254-7275>

УДК: 911.3:504:711.4

Вікторія ЯВОРСЬКА\*  <https://orcid.org/0000-0002-7449-7908>

ПОШУКОВА СТАТТЯ

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Листування – [yavorskaya@onu.edu.ua](mailto:yavorskaya@onu.edu.ua), [admirel@ukr.net](mailto:admirel@ukr.net)

**Ключові слова:** урбанізація, екологічні процеси, екологічна географія, міська екосистема, просторовий аналіз, ГІС, дистанційне зондування Землі, міський тепловий острів, зелена інфраструктура.

**Анотація:** Розкрито еколого-географічний вимір урбанізаційних процесів як поєднання демографічної та просторової трансформації землекористування та модифікації функціонування природних компонентів у межах міських систем і їхніх приміських зон. Метою є обґрунтування підходів, які забезпечують порівнюваність оцінок урбанізації у просторі та часі й водночас дають змогу інтерпретувати екологічні наслідки розширення забудови, зміни зеленого покриву, теплового режиму та якості повітря. Теоретичну основу становить розуміння міста як антропогенно-трансформованої екосистеми з вираженою просторовою неоднорідністю та специфічними потоками енергії і речовини, що вимагає інтеграції соціально-статистичних і геопросторових даних. Методично запропоновано поєднувати гармонізовану класифікацію ступеня урбанізації та підхід функціональних міських ареалів із використанням дистанційного зондування Землі й ГІС-аналізу. Дані Landsat є доцільними для відтворюваних оцінок температури поверхні та виявлення зон перегріву, тоді як Sentinel-2 забезпечує деталізацію структури рослинності та зелених насаджень у межах міста. Результати інтерпретуються через систему узагальнених показників, що пов'язують інтенсивність забудови й ефективність землекористування з екосистемними послугами зелених зон, тепловими ризиками під час екстремальної спеки та параметрами якості атмосферного повітря відповідно до сучасних орієнтирів охорони здоров'я. Обговорення підкреслює управлінську значущість еколого-географічної діагностики для просторового планування, кліматичної адаптації та зниження антропогенного навантаження, а також її сумісність із міжнародними рамками сталого розвитку і національними вимогами екологічної та містобудівної політики.

## 1. ВСТУП

Сучасна урбанізація виступає одночасно провідним чинником трансформації природних ландшафтів і середовищем концентрації соціально-економічної активності, що об'єктивно підвищує попит на методи, здатні синхронно описувати демографічні зрушення, просторові перетворення та екологічні наслідки. Узгоджені оцінки показують, що у 2025 році 45 % населення світу проживає в містах, 36 % – у містечках, 19 % – у сільській місцевості, а близько двох третин приросту населення до 2050 року припадатиме на міста ([Джерело](#)). Для екологічної географії ці пропорції мають принципове значення, оскільки задають масштаб



перетворення земної поверхні під забудову, інфраструктуру та міські сервіси, які опосередковано змінюють потоки енергії і речовини в системі «людина–природа». Важливим є також просторовий дисбаланс між демографічною динамікою і розширенням забудованих територій: у 1975–2025 роках площа забудови зростала майже вдвічі швидше, ніж чисельність населення, а площа забудованих територій у розрахунку на одну особу збільшилася з 43 до 63 м<sup>2</sup> ([Джерело](#)). Така «розповзальна» траєкторія урбанізації посилює тиск на прилеглі до міст агроландшафти, водні об'єкти та природні оселища, а отже вимагає діагностики, яка виходить за межі формально-адміністративних контурів населених пунктів.

Екологічно-географічна перспектива дозволяє інтерпретувати міста як антропогенно трансформовані екосистеми з різко вираженою просторовою неоднорідністю, специфічними режимами обміну енергії та речовини і високою концентрацією екологічних ризиків ([Grimm et al. 2008](#)). Урбанізовані території є критичними для управління тепловими хвилями, підтопленнями, деградацією якості повітря та фрагментацією біотопів, причому сучасні кліматичні огляди фіксують зростання частоти й інтенсивності екстремальних явищ та загальне посилення кліматичних впливів на населені пункти ([Джерело](#)). За цих умов методи дослідження урбанізації мають забезпечувати порівнюваність у просторі та часі та водночас бути придатними для інтерпретації екологічних наслідків і підтримки управлінських рішень у логіці міжнародних рамок сталого розвитку та національних політик у сфері довкілля і містобудування ([Джерело](#), [Джерело](#), [Джерело](#)).

## 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Методологічна рамка дослідження ґрунтується на поєднанні еколого-географічного аналізу з гармонізованими статистичними підходами до ідентифікації міських і сільських територій. Для підвищення міжнародної та міжчасової порівнюваності доцільно застосовувати класифікацію ступеня урбанізації (**Degree of Urbanisation, DEGURBA**), яка комбінує щільність населення, пороги чисельності та критерії просторової суміжності й дозволяє узгоджено виділяти міста, містечка/напівщільні поселення та сільські території вздовж урбанізаційного континууму ([Джерело](#)). Концептуальною надбудовою є аналіз функціональних міських ареалів (functional urban areas), що окреслюють міський центр і зону щоденних поїздок, забезпечуючи адекватніший облік реальних потоків мобільності, навантаження на інфраструктуру й довкілля та «функціонального сліду» міста поза адміністративними межами ([Dijkstra et al. 2019](#)). Емпіричну основу еколого-географічної діагностики формують поєднані масиви офіційної статистики, нормативно-правових документів і геопросторових даних дистанційного зондування Землі. Для відтворюваного моніторингу теплового поля та виявлення зон перегріву пріоритет надається продуктам Landsat Collection 2 Level-2, які містять атмосферно скориговану поверхневу відбивну здатність, оцінки температури поверхні (Land Surface Temperature) та маски якості, придатні для побудови порівнюваних часових рядів ([Джерело](#), [Джерело](#)). Для деталізованого картографування рослинності та зелених насаджень доцільно залучати продукти Sentinel-2 Level-2A, що забезпечують поверхневу відбивну здатність з урахуванням атмосферної корекції та підтримують дрібномасштабний аналіз структури зеленого покриву й елементів зеленої інфраструктури (Copernicus, n.d.). У ГІС-процедурах результати інтерпретуються через індекси рослинності та забудови, просторові метрики фрагментації, характеристики теплових аномалій і компонентів водного стоку та через зіставлення з вимогами містобудівного регулювання й природоохоронних норм, зокрема у сфері охорони атмосферного повітря та утримання зелених насаджень ([Джерело](#), [Джерело](#), [Джерело](#)).

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

**О. Рутковецький, В.Яворська**

Екологічно-географічні аспекти дослідження урбанізаційних процесів

Еколого-географічний аналіз урбанізації методично доцільно вибудовувати як інтерпретацію двох взаємопов'язаних процесів: концентрації населення та просторового перетворення територій. Глобальні дані підкреслюють, що основна частина міського населення концентрується не в мегаполісах, а в малих і середніх містах; водночас 96 % міст світу у 2025 році мають менше 1 млн жителів ([Джерело](#)). Для екологічної географії це означає, що «масовий» внесок в сукупний екологічний тиск часто формують саме міста з обмеженими планувальними ресурсами й нижчою інституційною спроможністю до управління землекористуванням, водовідведенням та зеленими зонами, що підвищує ризики фрагментації природних оселищ, деградації екосистемних послуг і неефективної конверсії земель. Довгострокові прогнози просторово вираженої урбанізації демонструють, що розширення міських територій створює прямі загрози для біорізноманіття та вуглецевих запасів, особливо у чутливих природних регіонах, де природи забудови можуть спричинити непропорційні екологічні втрати ([Seto et al. 2012](#)).

Показовим для пояснення екологічних наслідків урбанізації є випередження темпів розширення забудованих площ порівняно з демографічною динамікою, що відображається у зростанні площі забудови на одну особу та масштабах вилучення земель із природного або аграрного використання. Згідно з глобальними оцінками, близько 60 % земель, перетворених на урбанізовані з 1970 року, раніше становили продуктивні сільськогосподарські угіддя ([Джерело](#)). У прикладному вимірі це підсилює аргумент на користь функціонального підходу: оцінювати необхідно не лише адміністративні межі міста, а й приміську та периферійну зони, де відбувається вилучення земель, зміна водного балансу, зростання транспортної інтенсивності та втрата екосистемних послуг. Саме тому виділення функціональних міських ареалів є критичним для коректного обліку сукупного навантаження й уникнення систематичного «заниження» впливу урбанізації через адміністративні обмеження ([Dijkstra et al. 2019](#)).

Кліматичний вимір урбанізації проявляється у формуванні теплових аномалій, посиленні ефектів екстремальної спеки та зростанні потреби в адаптації населених пунктів. Сучасні глобальні кліматичні огляди фіксують як високі концентрації основних парникових газів, так і посилення екстремальних явищ, що визначає нові вимоги до стійкості міських систем ([Джерело](#)). У європейському контексті узагальнення практик адаптації підтверджують доцільність комбінування інженерних рішень із природоорієнтованими заходами та інструментами управління, оскільки саме інтегровані пакети заходів демонструють найвищу ефективність ([Джерело](#)). Для еколого-географічної діагностики це означає необхідність зв'язати аналіз міського теплового острова, температури поверхні та стану зелених насаджень із планувальними параметрами щільності забудови, частки водопроникних покриттів, конфігурації зелених коридорів і доступності зелених зон. Супутникові продукти Landsat щодо температури поверхні є придатними для просторового виявлення ділянок перегріву та їхнього зіставлення з морфологією забудови і типами земного покриття, що створює доказову базу для пріоритетизації адаптаційних інтервенцій ([Джерело](#), [Джерело](#)). Дані Sentinel-2, своєю чергою, забезпечують картографування структури рослинності та зеленої інфраструктури у розрізі кварталів і локальних морфоструктур, що є суттєвим для оцінки потенціалу природного охолодження (Sorernicus, n.d.).

Окремим критичним каналом впливу урбанізації є якість атмосферного повітря, що в агломераціях визначається транспортною інтенсивністю, промисловими викидами, щільністю забудови та метеорологічними умовами. Настанови ВООЗ щодо якості повітря задають суворі орієнтири для середньорічних концентрацій, зокрема PM<sub>2.5</sub> на рівні 5 мкг/м<sup>3</sup> і NO<sub>2</sub> на рівні 10 мкг/м<sup>3</sup>, підкреслюючи необхідність системного зменшення емісій та скорочення експозиції населення ([Джерело](#)). Європейська аналітика додатково акцентує

**О. Рутковецький, В.Яворська**

Екологічно-географічні аспекти дослідження урбанізаційних процесів

стійкі зв'язки забруднення повітря з тягарем захворюваності та потребою досягнення цілей «нульового забруднення», що підсилює релевантність інтеграції повітроохоронних заходів у просторове планування і транспортну політику ([Джерело](#)). У національному вимірі таке узгодження повинно спиратися на вимоги законодавства щодо охорони повітря та нормативні підходи до утримання зелених насаджень як елементу зниження експозиції і формування міського мікроклімату ([Джерело](#)).

Політико-управлінська інтерпретація результатів еколого-географічної діагностики потребує прив'язки до міжнародних рамок сталого розвитку і документів, що формують сучасний порядок денний міської стійкості. Порядок денний 2030 і Цілі сталого розвитку визначають міста як ключову платформу поєднання соціальної інклюзії, безпеки та екологічної стійкості ([Джерело](#)), тоді як New Urban Agenda закріплює інтегрований підхід до житла, мобільності, землекористування і стійкості, задаючи нормативно-концептуальну основу для інструментів оцінювання ([Джерело](#)). У площині ризик-орієнтованого управління додатково релевантною є Sendai Framework, яка підкреслює необхідність кращого розуміння ризиків і інвестування у стійкість ([Джерело](#)). Для України узгодженість такого підходу забезпечується поєднанням стратегічних засад державної екологічної політики до 2030 року та законодавчих засад регулювання містобудівної діяльності, що визначають інструменти планування, оцінювання та забезпечення екологічної безпеки територій ([Джерело](#), [Джерело](#)). На рівні політики розвитку міст додатковим джерелом операціоналізації виступають міжнародні огляди національних урбаністичних політик, які показують, як індикаторні системи та інституційні механізми інтегрують екологічні параметри в управління урбанізацією ([Джерело](#)).

Практична реалізація еколого-географічного аналізу урбанізації потребує показникової системи, яка поєднує просторову чутливість із управлінською інтерпретаційністю. Гармонізована класифікація ступеня урбанізації зменшує проблему непорівнюваності національних визначень урбанізованості та створює базу для регулярного статистико-геопросторового моніторингу ([Джерело](#)). У зв'язці з функціональними міськими ареалами така класифікація дозволяє перейти від опису «формального міста» до оцінювання «функціонального урбанізованого простору» з його реальною мобільністю та розподілом навантажень ([Dijkstra et al. 2019](#)). Це принципово для коректної оцінки земельної конверсії, теплових ризиків і повітряних впливів, які часто не збігаються з адміністративними кордонами (*табл. 1.*).

**Таблиця 1. Узагальнені показники для еколого-географічної оцінки урбанізаційних процесів**

| Блок оцінювання                 | Показник   | Одиниця               | Тип даних та джерело  | Інтерпретаційний акцент                            |
|---------------------------------|--|-----------------------|---|--|
| Просторова динаміка урбанізації | Частка населення у містах, містечках і сільській місцевості за DEGURBA | %                     | Статистичні оцінки та методика DEGURBA                      | Порівнюваність урбанізації вздовж континууму       |
| Землекористування і забудова    | Площа забудованих територій на 1 особу                                 | м <sup>2</sup> /особу | Геопросторові оцінки забудови; глобальні оцінки урбанізації | Ознаки розповзання; ефективність землекористування |
| Тепловий режим                  | Температура поверхні та теплові аномалії                               | К                     | Landsat Collection 2 Level-2 LST                            | Виявлення зон перегріву; пріоритетизація адаптації |
| Зелені насадження               | Індекси рослинності та покриття зеленими зонами                        | безрозмірний; %       | Sentinel-2 Level-2A; Earth observation                      | Якість міської екосистеми; потенціал охолодження   |
| Якість повітря                  | Середньорічні PM2.5, NO2   | мкг/м <sup>3</sup>    | Моніторинг; настанови ВООЗ                                  | Ризики для здоров'я; потреба зниження              |

**О. Рутковецький, В.Яворська**

Екологічно-географічні аспекти дослідження урбанізаційних процесів

|                        |  |        |   |  |
|------------------------|--|--------|---|--|
|                        | відносно орієнтирів                                |        |   | емісій   |
| Ризики та стійкість    | Наявність і комбінування адаптаційних заходів      | якісна | Огляди адаптаційних практик                 | Інтеграція інженерних і природоорієнтованих рішень |
| Управління територіями | Узгодженість планування з еконормами та політиками | якісна | Національне законодавство, міжнародні рамки | Перехід до інтегрованого управління і моніторингу  |

\* сформовано самостійно автором на основі власного дослідження

Еколого-географічний підхід інтерпретує урбанізацію як просторово неоднорідну трансформацію територій, детерміновану не лише демографічною концентрацією, а й змінами земного покриву, теплового режиму, якості повітря та функціонування міських екосистем. Глобальні оцінки підтверджують домінування міського способу життя та суттєвий масштаб розширення забудованих площ із тенденцією до зростання площі забудови на одну особу, що формує тривалі екологічні наслідки та підвищує цінність інтегрованого планування на основі порівнюваних показників. Методично найбільш продуктивним є поєднання гармонізованих визначень ступеня урбанізації та функціональних міських ареалів із супутниковим моніторингом і ГІС-аналізом, що забезпечує відтворюваність оцінок і підвищує придатність результатів для таргетованих управлінських інтервенцій у сферах кліматичної адаптації, управління земельною конверсією та зниження повітряних і теплових ризиків.

#### 4. ВИСНОВКИ

Проведене дослідження підтверджує, що екологічно-географічний аналіз урбанізаційних процесів є методологічно продуктивним лише за умови одночасного врахування демографічної концентрації та просторової трансформації землекористування, оскільки саме їхня взаємодія формує ключові екологічні наслідки урбанізації — зміну зеленого покриву, модифікацію теплового режиму, перерозподіл водного стоку та ризики погіршення якості атмосферного повітря. Поєднання гармонізованих підходів до визначення міських і сільських територій (класифікація ступеня урбанізації) з аналізом функціональних міських ареалів зменшує проблему непорівнюваності національних дефініцій урбанізованості та дозволяє коректніше ідентифікувати «реальний» просторовий слід міста, який часто виходить за межі адміністративних кордонів. Інтеграція цих підходів із даними дистанційного зондування Землі та ГІС-аналізом забезпечує відтворюваний моніторинг екологічних параметрів: Landsat надійно підтримує просторове виявлення теплових аномалій і зон перегріву, тоді як Sentinel-2 деталізує структуру та динаміку рослинності й елементів зеленої інфраструктури, що є критичними детермінантами міської стійкості до спеки та якості середовища. Узагальнена система індикаторів, запропонована в статті, переводить спостережувані зміни земного покриву й морфології забудови у формат управлінськи інтерпретованих оцінок, придатних для просторового планування, кліматичної адаптації та зниження антропогенного навантаження. Водночас практична цінність підходу полягає у його політичній сумісності з міжнародними рамками сталого розвитку та ризик-орієнтованого управління і можливості операціоналізації в національних інструментах екологічної та містобудівної політики, що створює основу для інтегрованого моніторингу й таргетованих інтервенцій у містах різних розмірів, особливо там, де інституційні ресурси обмежені, а екологічні ризики зростають.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Dijkstra, L., Poelman, H., & Veneri, P. (2019). The EU-OECD definition of a functional urban area (OECD Regional Development Working Papers, 2019/11). *OECD Publishing*. <https://doi.org/10.1787/d58cb34d-en>
2. Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>
3. Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutya, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 16083–16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

4. Copernicus. (n.d.). *Sentinel-2 Collection 1 MSI Level-2A (L2A) product characteristics*. (Retrieved January 29, 2026). [Джерело](#)
5. European Environment Agency. (2022). Air pollution and health. [Джерело](#)
6. European Environment Agency. (2024). Urban adaptation in Europe: What works? (EEA Report No 14/2023). [Джерело](#)
7. European Union, FAO, UN-Habitat, OECD, & The World Bank. (2021). Applying the degree of urbanisation: A methodological manual to define cities, towns and rural areas for international comparisons (2021 ed.). [Джерело](#)
8. Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (2006, April 10). Pravyla utrymanna zelenykh nasadzhen u naselenykh punktakh Ukrainy (Nakaz № 105). [Джерело](#)
9. OECD, & UN-Habitat. (2021). Global state of national urban policy 2021. OECD Publishing. [Джерело](#)
10. U.S. Geological Survey. (2024). Landsat 8–9 Collection 2 Level 2 science product guide (Version 6.0; LSDS-1619). [Джерело](#)
11. U.S. Geological Survey. (n.d.). *Landsat Collection 2 surface temperature*. (Retrieved January 29, 2026) [Джерело](#)
12. United Nations. (2016). New urban agenda. [Джерело](#).
13. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2025, November). World urbanization prospects 2025: Summary of results (Key messages). [Джерело](#)
14. United Nations General Assembly. (2015a). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development (Resolution A/RES/70/1). [Джерело](#)
15. United Nations General Assembly. (2015b). Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030 (Resolution A/RES/69/283). [Джерело](#)
16. Verkhovna Rada Ukrainy. (1992, October 16). Zakon Ukrainy “Pro okhoronu atmosfernoho povitria” № 2707-XII. [Джерело](#)
17. Verkhovna Rada Ukrainy. (2011, February 17). Zakon Ukrainy “Pro rehulivannia mistobudivnoi diialnosti” № 3038-VI. [Джерело](#)
18. Verkhovna Rada Ukrainy. (2019, February 28). Zakon Ukrainy “Pro Osnovni zasady (stratehiiu) derzhavnoi ekolohichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku” № 2697-VIII. [Джерело](#)
19. World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. [Джерело](#)
20. World Meteorological Organization. (2025). State of the global climate 2024 (WMO-No. 1368). [Джерело](#)

Oleksandr Rutkovetskyi, Victoria Yavorska  
Odesa I. I. Mechnikov National University  
Ecological and geographical aspects  
of the study of urbanization processes

**Keywords:** Keywords: urbanization, environmental geography, urban ecosystem, spatial analysis, GIS, Earth observation, urban heat island, green infrastructure.

**Abstract:** The paper examines urbanization through an environmental-geographical lens, treating it as a coupled process of population concentration, spatial reconfiguration of land use, and modified functioning of natural components within urban systems and their peri-urban zones. The aim is to justify approaches that improve the spatial

and temporal comparability of urbanization assessments while enabling robust interpretation of environmental effects associated with built-up expansion, changes in urban green cover, thermal conditions, and air quality. The conceptual framework views the city as an anthropogenically transformed ecosystem characterized by pronounced spatial heterogeneity and distinctive flows of energy and matter, which necessitates integrating socio-statistical evidence with geospatial information. Methodologically, the study argues for combining harmonized settlement typologies based on the degree of urbanisation and functional urban area concepts with Earth observation and GIS-based analytics. Landsat products are highlighted as suitable for repeatable land surface temperature assessment and the identification of overheating hotspots, whereas Sentinel-2 surface reflectance data support fine-scale mapping of vegetation structure and green infrastructure. The analytical output is interpreted through a coherent indicator logic that links the intensity of urban land take and land-use efficiency to ecosystem services delivered by green areas, heat-related risks during extreme temperature events, and air-quality parameters benchmarked against contemporary public health guidelines. The discussion highlights that such environmental-geographical diagnostics provides actionable evidence for spatial planning, climate adaptation, and the reduction of anthropogenic pressure, particularly where administrative boundaries fail to capture functional urban footprints. The proposed approach is positioned as policy-relevant because it aligns with international sustainability and resilience frameworks and can be operationalized within national environmental and urban-planning regulations to support integrated monitoring and targeted interventions in rapidly transforming urban regions.

Дата першого надходження статті до видання: 25.09.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.10.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.03.2026