

УДК 911.9 [502.35 : 502.6 + 502.7]

DOI: 10.31652/2786-5665-2024-5-56-66

Корогода Н. П.

Кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної географії та геоекології
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

nkorogoda@knu.ua

<https://orcid.org/0000-0003-1518-2997>

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕЛЕНИХ ЗОН У ЗБЕРЕЖЕННІ БІОРІЗНОМАНІТТЯ (НА ПРИКЛАДІ МІСЬКИХ ЛАНДШАФТІВ КИЄВА)

Анотація. Збереження міського біологічного різноманіття визнано одним з пріоритетів для стійкого розвитку урбанізованих територій. Найбільш ефективне виконання функції збереження біорізноманіття, а отже й максимальні обсяги екосистемних послуг (ЕП) міські зелені зони (МЗЗ) здатні забезпечити у тому випадку, якщо виконуватимуть функції елементів екомережі. У роботі було представлено методіку оцінки обсягів ЕП, що базується на визначенні ефективності МЗЗ у виконанні функції збереження біорізноманіття. Відповідно – обсяги ЕП цілком залежать від ефективності виконання зеленими зонами «екомережних» функцій. Для визначення реальних обсягів ЕП ми зважали і на потенціал МЗЗ, і на характеристики їх стану, що призводять до його втрати. На прикладі МЗЗ м. Києва було визначено: потенціал МЗЗ у виконанні ними функцій елементів екомережі; стійкість МЗЗ, як залишкову здатність до саморегуляції відповідно до сили та характеру антропогенного тиску; «індивідуальну» ефективність МЗЗ у збереженні біорізноманіття – $E_{biodiversity_{(g,a)}}$; обсяги ЕП – $ES_{biodiversity_{(g,a)}}$.

Ключові слова: оцінка, екосистемні послуги, міські зелені зони, екомережа, Київ

Korohoda Nataliia. ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF GREEN SPACES IN BIODIVERSITY CONSERVATION (ON THE EXAMPLE OF KYIV URBAN LANDSCAPES)

Abstract. The conservation of urban biodiversity is one of the priorities issues for the sustainable development of urban areas. Urban green spaces (UGS) can provide the most effective biodiversity conservation function, and thus the maximum volumes of ecosystem services (ES), only if they function as elements of the ecological network. Therefore, the purpose of the study was to develop a methodology for assessing the volume of ES based on determining the effectiveness of urban green spaces in providing biodiversity conservation services and conducting this assessment on the example of green spaces in Kyiv.

The potential of UGSs in performing their functions as elements of the ecological network was determined: the most "valuable" UGSs in Kyiv are currently 2%, 67% of UGSs have medium potential, and 11 sites have low potential.

The sustainability of UGS was defined as the ability to self-regulate in accordance with the power and type of anthropogenic pressure: in 19% of the city's model polygons, UGS have medium levels of sustainability, in 2% – poor (1%) and very poor (1%) sustainability. In 32% of the model polygons, UGSs with strong sustainability are recorded. In 38% of the model polygons, there are low levels of anthropogenic pressure, so these areas have very strong sustainability of UGS in biodiversity conservation.

The "individual" effectiveness of UGSs in biodiversity conservation – $E_{biodiversity_{(g,a)}}$ – was determined: three areas have high biodiversity conservation effectiveness, 5% are effective (above average), 67% of UGSs have below average, 15% have low biodiversity conservation effectiveness.

The volume of ES was calculated – $ES_{biodiversity_{(g,a)}}$: 60% of the UGS of Kyiv provide ecosystem services for biodiversity conservation in volumes below average, 21% in average and 4% in volumes above average. Only 24 sites provide these ES in maximum volumes.

The assessment based on this methodology can be a useful tool in environmental decision-making, as it allows identifying UGSs that need priority actions to improve their capacity to conserve the region's biodiversity.

Keywords: assessment, ecosystem services, urban green spaces, ecological network, Kyiv

Постановка проблеми. На сьогодні втрата біологічного різноманіття є однією з найгостріших з екологічних проблем в світі (*The Convention on Biological Diversity, 2011*). У Глобальному звіті про оцінку біорізноманіття та екосистемні послуги (ЕП) робиться висновок про те, що, незважаючи на недостатні дії, ще є час для збереження біорізноманіття (*Brondizio et al., 2019*). Тому держави-члени ЄС зосереджують особливу увагу на належному функціонуванні екосистем і ролі біорізноманіття в підтримці екосистемних послуг (*Maes et al., 2016*). На місцевому ж рівні, відповідно Единбургській декларації висловлено глибоку стурбованість значними наслідками втрати міського біорізноманіття для добробуту суспільства (*Edinburgh Declaration..., 2020*), а ефективне збереження міського біологічного різноманіття визнано одним з пріоритетів для стійкого розвитку урбанізованих територій.

Під міським біорізноманіттям розуміють біологічну варіабельність на всіх рівнях від генів до видів і середовищ існування в міських ландшафтах. Просторами, що надають природне або штучне середовище існування для рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів у міських районах є території із залишками природної рослинності, тобто міські зелені зони (МЗЗ) (*Urbanization..., 2013, Martens et al., 2022*). Таким чином МЗЗ є необхідними задля збереження біорізноманіття в містах (*Самойленко & Корогода, 2005*). З іншого боку, біорізноманіття також відіграє ключову роль при наданні міськими зеленими зонами екосистемних послуг (*Maes et al., 2016*). Наприклад, воно є важливим для забезпечення культурних екосистемних послуг, таких як відновлення фізичного та психологічного здоров'я містян (*Zari, 2018*).

У стратегії збереження біологічного і ландшафтного різноманіття, серед іншого помітне місце посідає концепція екомережі. Основна ціль екологічної мережі – об'єднати системою екокоридорів екологічно цінні ділянки. Таке об'єднання створюватиме умови розселення і міграції видів та забезпечить їх виживання (*Збереження і моніторинг..., 2000; Розбудова екомережі..., 1999*). Тобто найбільш ефективно виконання функції збереження біорізноманіття та надання відповідних ЕП міські зелені зони здатні забезпечити лише у тому випадку, якщо виконуватимуть функції елементів екомережі. Зважаючи на таке, науковцям та містопланувальникам першочергово необхідно визначити потенційні можливості щодо виконання даної функції зеленими зонами міста. Адже, враховуючи міру порушення екологічної рівноваги внаслідок антропогенного впливу, очевидно, що далеко не всі з них здатні на таке наразі. Тому оцінка ефективності зелених зон у функціонуванні екомережі та збереженні біорізноманіття у міських ландшафтах є чи не найактуальнішим питанням у забезпеченні сталого розвитку міських ландшафтів.

Аналіз джерел та останніх досліджень. Не зважаючи на очевидну необхідність, питання оцінювання МЗЗ з точки зору збереження ними біорізноманіття в містах недостатньо висвітлено в наукових та прикладних розробках. Зокрема нам наразі невідомо про роботи, де б оцінка ЕП, базувалась на «екомережному» підході та доступних даних, зокрема відкритих даних дистанційного зондування. Оскільки увагу слід зосередити на оцінці стану досліджуваних територій як об'єктів екомережі, в основу даної роботи лягли дослідження присвячені:

- розвитку концепції ЕП. Дане питання викладено в багатьох публікаціях, зокрема докладний історичний опис та аналіз історії розвитку ЕП в економічній теорії та практиці представлено у роботі (*Gómez-Baggethun et al., 2009*);
- вивченню міських зелених зон, як надавачів ЕП. Оскільки в містах відбувається концентрація чинників, що мають негативний вплив на довкілля, вони є чи не найскладнішим об'єктом, з точки зору оцінки ЕП. Тому наразі досить активно публікуються роботи, присвячені оцінці різних ЕП, що їх надають міські зелені зони (*Korohoda et al., 2022; Korohoda et al., 2023; Корогода & Купач, 2023; Корогода, 2023*).
- питанням збереження біорізноманіття через створення екомереж. Адже екологічна мережа – це цілісна територіальна система, за умови сталого функціонування якої відбувається процес збереження біорізноманіття (*Збереження і моніторинг..., 2000; Розбудова екомережі..., 1999; Самойленко & Корогода, 2006*).

Мета статті. Методика оцінки обсягів екосистемних послуг, базується на визначенні ефективності МЗЗ у виконанні функції збереження біорізноманіття. Для оцінки реальних обсягів ЕП по збереженню біорізноманіття МЗЗ слід з одного боку зважати на їх потенціал, з іншого – на характеристики їх стану,

що призводять до його втрати. Обсяги ЕП в даній оцінці цілком відповідають ефективності виконання МЗЗ «екомережних» функцій. Таким чином, викладення методичних положень, на основі яких має проводитись оцінка ефективності зелених зон у збереженні біорізноманіття та оцінка обсягів ЕП, а також проведення такої оцінки на прикладі зелених зон міста Києва стали головними завданнями даної роботи.

Виклад основного матеріалу. Індикаторами, що визначають потенціал зелених зон у збереженні біорізноманіття є біопопуляційні, ландшафтні різноманіття, гідроекосистемні, природоохоронні, територіальні тощо (Самойленко & Корогода, 2006). Реальні ж обсяги ЕП, слід оцінювати у відповідності до індикаторів стійкості МЗЗ, зважаючи на загальний антропогенний тиск на них. Такими є індикатори фазово-антропоізаційної стійкості, що визначають допустимість ступеня антропоізації територій як необхідної міри їх «залишкової» здатності до саморегуляції. Відповідність зазначеним індикаторам й визначатиме ефективність МЗЗ у збереженні біорізноманіття, а отже і обсяг наданих екосистемних послуг.

Для проведення обрахунків у відповідності до обраних критеріїв, зважаючи на неоднакову площу досліджуваних об'єктів (МЗЗ), попередньо слід було вирішити супутню задачу кластеризації простору та скористатися методом ковзного вікна для об'єктивного оцінювання розрахункових параметрів в межах Києва. Такий метод широко застосовний в роботі з просторовими даними, зокрема є зручним у геоінформаційному моделюванні просторових явищ та об'єктів. Оптимальною формою ковзного вікна є полігон шестикутної форми (гексагон) (Самойленко & Корогода, 2006). Для даної роботи розмір полігону було визначено як 1325 м.

Розрахунки відбувались за наступними показниками:

а) група розрахункових показників, що дозволяє визначити природнообумовлені «найбільш цінні» для збереження біорізноманіття ділянки:

- показник біопопуляційного потенціалу $m_{a+p,k}$ – щільність кількості всіх «червонокнижних» видів ($1/\text{км}^2$).

- Інтегральний показник ландшафтного різноманіття $I_{CH/TYPE,k}$ що поєднує в собі міру «внутрішньої» варіабельності хорично-типової варіабельності та регіональний аспект такої варіабельності. Він визначається у гексагонах обраного радіусу, за регіональним модульним коефіцієнтом хорично-типової мінливості – $K_{Nm,reg,k}$ та інтегрального (середньо виваженого) коефіцієнту хорично-типової варіації – $C_{v,CH/TYPE,k}$ (Самойленко & Корогода, 2006).

- Показник типовості, унікальності і натуральності ядер і інших ареалів та середовищ мешкання та міграції певних видів гідробіонтів – I_{hidro} , що відображає наявність поверхневих водних об'єктів у певній зеленій зоні;

б) група розрахункових показників, що враховує вже не природні особливості МЗЗ, а статус, метричні та топологічні показники:

- показник природоохоронного статусу $I_{reserve}$, що відображає наявність природоохоронного статусу у певної зеленої зони;

- показник достатньої розмірності – I_{area} , що використовується для ідентифікації зелених зон, які за своїми метричними характеристиками, передусім достатньої розмірності (площі, ширини, довжини) відповідають елементам екомережі (Розбудова екомережі..., 1999).

Врахування всіх показників визначає загальну «цінність» МЗЗ у збереженні біорізноманіття – *Value*.

в) Для оцінки ефективності МЗЗ слід використовувати показники, запроваджені відповідно до індикаторів фазово-антропоізаційної стійкості. Розрахунок має відбуватись за індексом фазово-антропоізаційної стійкості $I_{FAS,j}$, що вказує на «індивідуальну» стійкість МЗЗ як їх залишкову здатність до саморегуляції. Власне ж ефективність – $E_{biodiversity(g,a)}$ має враховувати і потенціал – *Value* і стійкість МЗЗ – $I_{FAS,j}$, що визначається силою антропогенного навантаження – $I_{ant.,norm,j}$ в модельному полігоні (гексагоні).

Загальний алгоритм оцінки обсягів надання ЕП полягає у послідовному виконанні наступних завдань:

1. Ідентифікувати зелені зони, що мають найвищий потенціал щодо збереження біорізноманіття.

2. Визначити ефективність виконання функції по збереженню біорізноманіття, залежно від актуального стану МЗЗ та сили антропогенного тиску на них.

3. Перевести значення ефективності виконання функції у обсяги ЕП.

1. Процедуру ідентифікації зелених зон, що мають найвищий потенціал щодо збереження біорізноманіття слід проводити наступним чином:

а. користуючись «екомережним» підходом слід ідентифікувати території що мають найвищий потенціал у збереженні рідкісних та зникаючих видів через обрахунок у полігонах показників біопопуляційного потенціалу $m_{a+p,k}$. Для подальших обрахунків $m_{a+p,k}$ слід унормувати - подати у безрозмірних показниках, де 1 – найбільше з вимірних значень.

б. Користуючись «екомережним» підходом слід ідентифікувати території, що мають найвищий потенціал у збереженні найбільшої кількості видів, через обрахунок у полігонах інтегрального показника ландшафтного різноманіття $I_{CH/TYP,k}$ за формулою (1). Він визначається за регіональним модульним коефіцієнтом хорично-типової мінливості – $K_{Nm,reg,k}$ (2) та інтегрального (середньо виваженого) коефіцієнту хорично-типової варіації – $C_{v,CH/TYP,k}$ (3). Для загальних обрахунків $I_{CH/TYP,k}$ слід подавати у безрозмірних показниках, де 1 – найбільше з вимірних значень.

$$I_{CH/TYP,k} = C_{v,CH/TYP,k} * K_{Nm,reg,k} \quad (1)$$

$$K_{Nm,reg,k} = \frac{(N * m)_k}{(N * m)_{reg}} \quad (2)$$

де $(Nm)_{reg}$ – середнє для всього регіону значення добутку (Nm) (для «гексагонів» обраного розміру у регіоні, загальною їх кількістю N_{cell}).

$$C_{v,CH/TYP,k} = \frac{a * N * C_{v,CH,k} + (b - 0,75) * m * C_{v,TYP,k} + (b - 0,25) * m * C_{v,TYP,3,k}}{(a * N + b * m)} \quad (3)$$

де a і b – балансові коефіцієнти, $a = 0,25$, $b = 1,00$.

Зелені зони, які повністю або більш ніж половиною своєї площі потрапляють в межі таким чином ідентифікованих полігонів потенційно мають відповідний природнообумовлений потенціал у збереженні біорізноманіття. До обраних зелених зон слід додати наступні:

в. що відповідають вимогам до елементів екомережі як ті, що є середовищами мешкання та міграції певних видів гідробіонтів I_{hidro} ;

г. що відповідають вимогам до елементів екомережі як ті, що мають природоохоронний статус $I_{reserve}$;

д. що відповідають елементам екомережі та їх типам за показником достатньої розмірності I_{area} (Розбудова екомережі..., 1999).

Загальний потенціал визначається, як сума балів за зазначеними вище показниками (4).

$$Value = m_{a+p,k_norm} + I_{CH/TYP,k_norm} + I_{hidro} + I_{reserve} + I_{area} \quad (4)$$

де $Value$ – загальний потенціал МЗЗ у збереженні біорізноманіття, m_{a+p,k_norm} – унормоване значення показника біопопуляційного потенціалу; $I_{CH/TYP,k_norm}$ – унормоване значення показника ландшафтного різноманіття; I_{hidro} – показник типовості, унікальності і натуральності ядер і інших ареалів та середовищ мешкання та міграції певних видів гідробіонтів; $I_{reserve}$ – показник природоохоронного статусу; I_{area} – показник достатньої розмірності.

2. Визначення ефективності МЗЗ має полягати у наступному: по-перше, в обраних для моделювання полігонах слід визначити ступінь антропогенної перетвореності ландшафтів за коефіцієнтом $I_{ant,norm,j}$ (5). Це дозволить встановити індекс I_{FASj} (6) та індивідуальну стійкість МЗЗ, відповідно до табл. 1 (Самойленко & Корогода, 2006). Власне ж ефективність кожної зеленої зони у збереженні біорізноманіття – $E_{biodiversity(g,a)}$, слід визначати за моделлю (7). Такий показник може коливатися від 0 до 4,886426

(за умови максимального потенціалу (5) та максимальної стійкості (97,72852%)).

$$I_{ant,norm,j} = K_{ant,norm,j} = K_{norm} * \sum_{i=1}^n (r * q * p)_i \tag{5}$$

де r_i – значення рангу антропогенної перетвореності j -го об’єкту моделювання за i -тим видом природокористування; q_i – значення індексу глибини такої перетвореності (практично ідентичного оцінці ступеня впливу заданих антропогенних факторів); p_i – частка площі j -го об’єкту (у %), що підпала під i -тий вид природокористування; K_{norm} – нормувальний коефіцієнт ($K_{norm} \approx 4,938 \cdot 10^{-2}$); n – кількість видів природокористування в межах j -го об’єкту моделювання.

$$I_{FAS,j} = 100 - I_{ant,norm,j} \tag{6}$$

де $I_{ant,norm,j}$ – певним чином обумовлений, унормований (у відсотках, з максимальним значенням 100%) індекс антропоізації об’єктів моделювання.

$$E_biodiversity_{(g_a)} = Value * I_{FAS,j} / 100\% \tag{7}$$

де $Value$ – загальна «цінність» (потенціал) МЗЗ у збереженні біорізноманіття; $I_{FAS,j}$ – показник фазово-антропоізаційної стійкості зелених зон.

Таблиця 1

Фазово-антропоізаційна стійкість зелених зон ($I_{FAS,j}$)
(Самойленко & Корогода, 2006)

$I_{FAS,j}$ (%)	Стійкість ($I_{FAS,j}$)
[0 - 11)	гранично слабка
[11 - 26)	вельми слабка
[26 - 35)	слабка
[35 - 47)	послаблена
[47 - 62)	середня
[62 - 86)	сильна
[86 - 100]	вельми сильна

Таблиця 2

Співвідношення ефективності виконання функції та обсягів екосистемних послуг зі збереження біорізноманіття

$E_biodiversity_{(g_a)}$	Оціночний бал	$ES_biodiversity_{(g_a)}$
[3,9089 – 4,886426]	5	Максимальні
[3,0782 - 3,9089)	4	Вище середніх
[1,8079 - 3,0782)	3	Середні
[0,9772 - 1,8079)	2	Нижче середніх
[0 - 0,9772)	1	Мінімальні

Таблиця 3

Статистика за результатами ідентифікації зелених зон, що мають потенціал щодо збереження біорізноманіття

Value	Потенціал	% зелених зон
[4 – 5]	Найвищий	2
[3 - 4)	Високий	20
[2 -3)	Середній	67
[1 - 2)	Нижче середнього	11
[0,54 – 1)	Низький	0 (11 об'єктів)

3. Переведення значень ефективності виконання функції у обсяги ЕП має відбуватися на основі емпіричної узагальненої шкали бажаності Е. Харрінгтона (Korohoda et al., 2022). У даному разі застосовано однобічну зростаючу функцію, де 0 відображає найгіршу якість МЗЗ (мінімальні обсяги ЕП – $ES_biodiversity_{(g,a)}$), а найвищу (максимальні обсяги) – відображає 1. Приклад ранжування для території м. Києва наведено у таблиці 2.

Результати моделювання при ідентифікації зелених зон, що мають найвищий потенціал щодо збереження біорізноманіття за моделлю (4) показали, що найбільш «цінних» з точки зору збереження біологічного різноманіття МЗЗ, які б мали найвищі показники *Value* наразі у Києві наразі спостерігається 2%. У той же час найбільше (67%) МЗЗ мають середні показники *Value*, також важливим є те, що лише 11 об'єктів відповідають лише 1 критерию, тобто мають наразі низький потенціал у збереженні біорізноманіття та цінність як елементи екомережі (табл. 3, рис.1).

Моделювання за індексом фазово-антропоїзаційної стійкості $I_{FAS,j}$, який вказує на характер та силу антропогенного тиску, що зазнають МЗЗ м. Києва показало, що 19% модельних полігонів міста мають «середні» рівні антропогенного тиску, що обумовлено переважанням такого його виду, як міська забудова, отже МЗЗ у цих полігонах мають середні рівні стійкості. 2% модельних полігонів мають високі рівні антропогенного навантаження, зокрема через скупчення транспортних систем, відповідно МЗЗ в даних полігонах мають слабку (1%) та вельми слабку (1%) здатність до саморегуляції. У 32% модельних полігонів фіксуються рівні тиску нижче середніх, отже МЗЗ мають сильну здатність до саморегуляції. Як правило, це великі міські парки та лісопарки. У 38% модельних полігонів спостерігаються низькі рівні антропогенного навантаження, що відповідає територіям лісових масивів на околицях міста та ОПЗФ у його межах, отже – саме на цих територіях спостерігається вельми сильна здатність до саморегуляції та стійкість МЗЗ (рис. 2, табл.4).

Обраховані показники потенціалу МЗЗ у збереженні біорізноманіття та сили антропогенного навантаження, дозволили визначити «індивідуальну» ефективність МЗЗ у збереженні біорізноманіття – $E_biodiversity_{(g,a)}$ за моделлю (7). Результати моделювання показують, що за нинішніх умов лише на трьох ділянках спостерігається висока ефективність у збереженні біорізноманіття (табл. 5, рис. 3). 5% МЗЗ є ефективними (показники вище середніх). Більшість МЗЗ, а саме 67%, мають показники нижче середніх. Небезпечно, що 15% – мають низькі показники ефективності щодо збереження біорізноманіття. Це загалом типово в умовах великого міста, проте потребує невідкладних природоохоронних рішень.

Обраховані показники ефективності дозволили кількісно обрахувати обсяги ЕП – $ES_biodiversity_{(g,a)}$. Результати свідчать про те, що за нинішніх рівнів антропогенного навантаження а також метричних та якісних параметрів МЗЗ м. Києва у своїй переважній більшості надають екосистемні послуги зі збереження біорізноманіття у обсягах нижче середніх та середніх (60 та 21% об'єктів відповідно). Лише 24 з досліджених об'єктів надають такі ЕП у максимальних обсягах – це лише окремі території у центральній частині НПП Голосіївський. Хоча об'єктів, що надають ЕП у обсягах вище середніх лише 4%, проте вони досить великі за площею. Цілком закономірно, що це МЗЗ великі лісові масиви на околицях міста

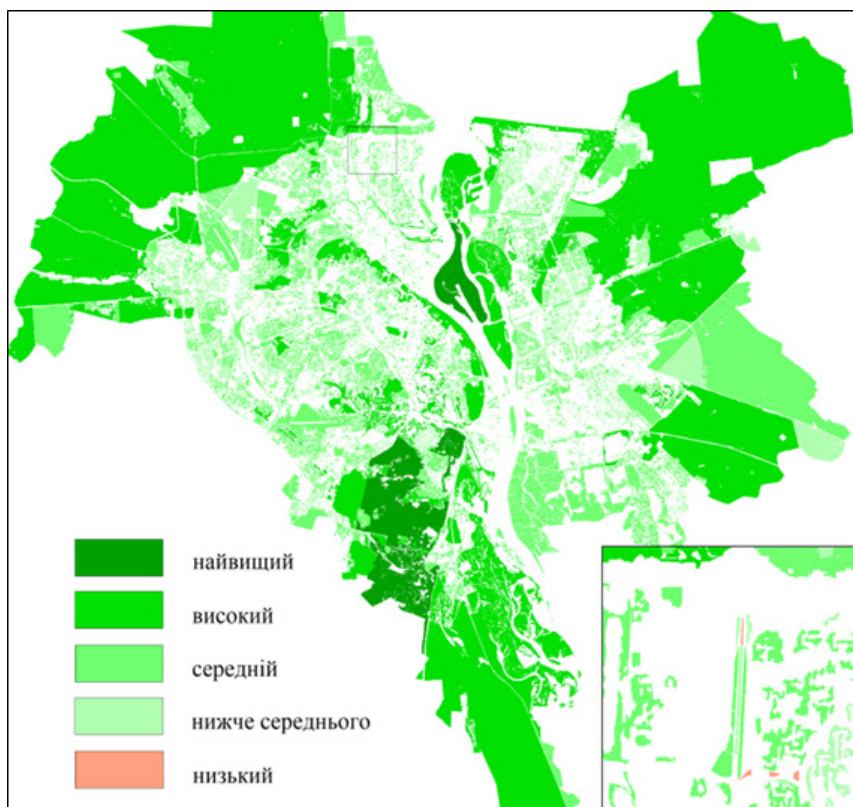


Рис. 1. Результат моделювання «цінності» зелених зон щодо збереження біорізноманіття, за показником *Value*

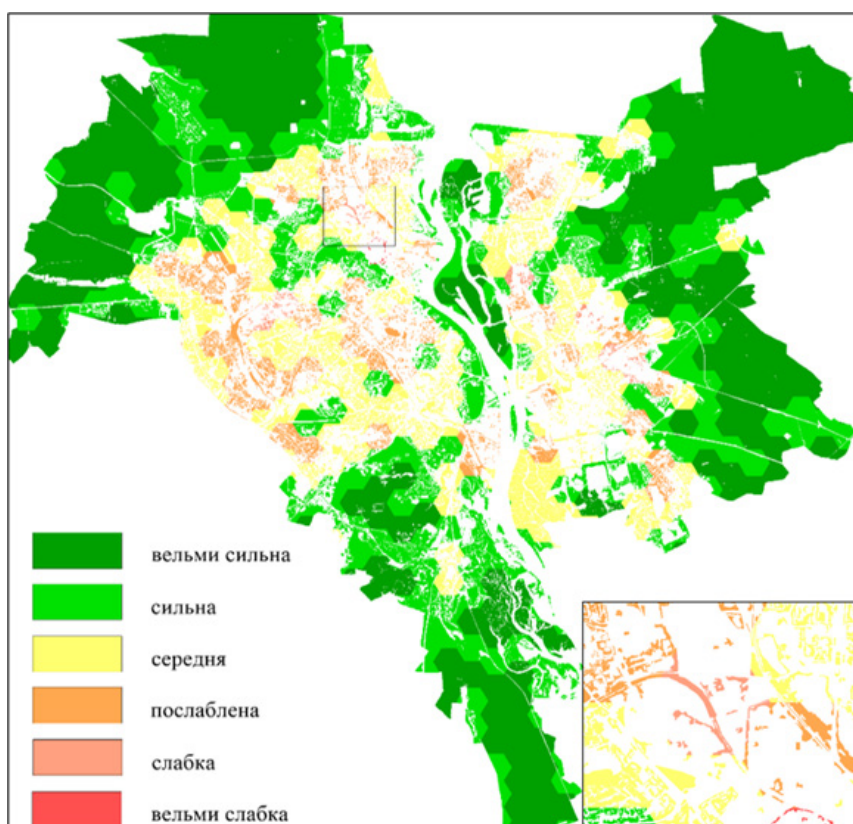


Рис. 2. Результат моделювання стійкості зелених зон у збереженні біорізноманіття на основі індексу фазово-антропоїзаційної стійкості – $I_{FAS,j}$

Таблиця 4

Стійкість зелених зон у збереженні біорізноманіття
на основі індексу фазово-антропоїзаційної стійкості – $IFAS_{j,j}$

$I_{FAS,j}$ (%)	Кількість МЗЗ (%)	Стійкість
[0 - 11)	0	гранично слабка
[11 - 26)	0	вельми слабка
[26 - 35)	2	слабка
[35 - 47)	20	послаблена
[47 - 62)	45	середня
[62 - 86)	28	сильна
[86 - 100]	5	вельми сильна

Таблиця 5

Статистика за результатами моделювання ефективності МЗЗ
у збереженні біорізноманіття – $E_biodiversity_{(g,a)}$

$E_biodiversity_{(g,a)}$	% зелених зон
Низька	15
Нижче середньої	67
Середня	13
Вище середньої	5
Висока	0

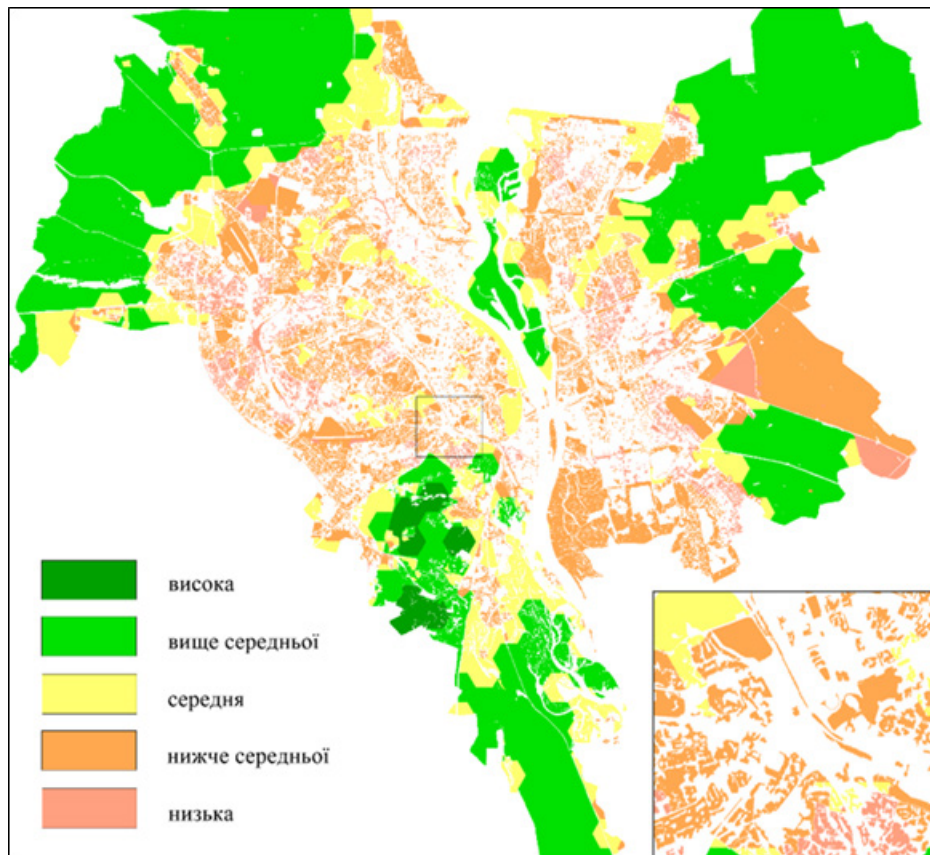


Рис. 3. Результат моделювання ефективності МЗЗ у збереженні біорізноманіття – $E_biodiversity_{(g,a)}$

Таблиця 6

Статистика за результатами моделювання обсягів ЕП зі збереження біорізноманіття, що надають окремі МЗЗ м. Києва – $ES_biodiversity_{(g,a)}$

$ES_biodiversity_{(g,a)}$	% зелених зон
Мінімальні	14
Нижче середніх	60
Середні	21
Вище середніх	4
Максимальні	0

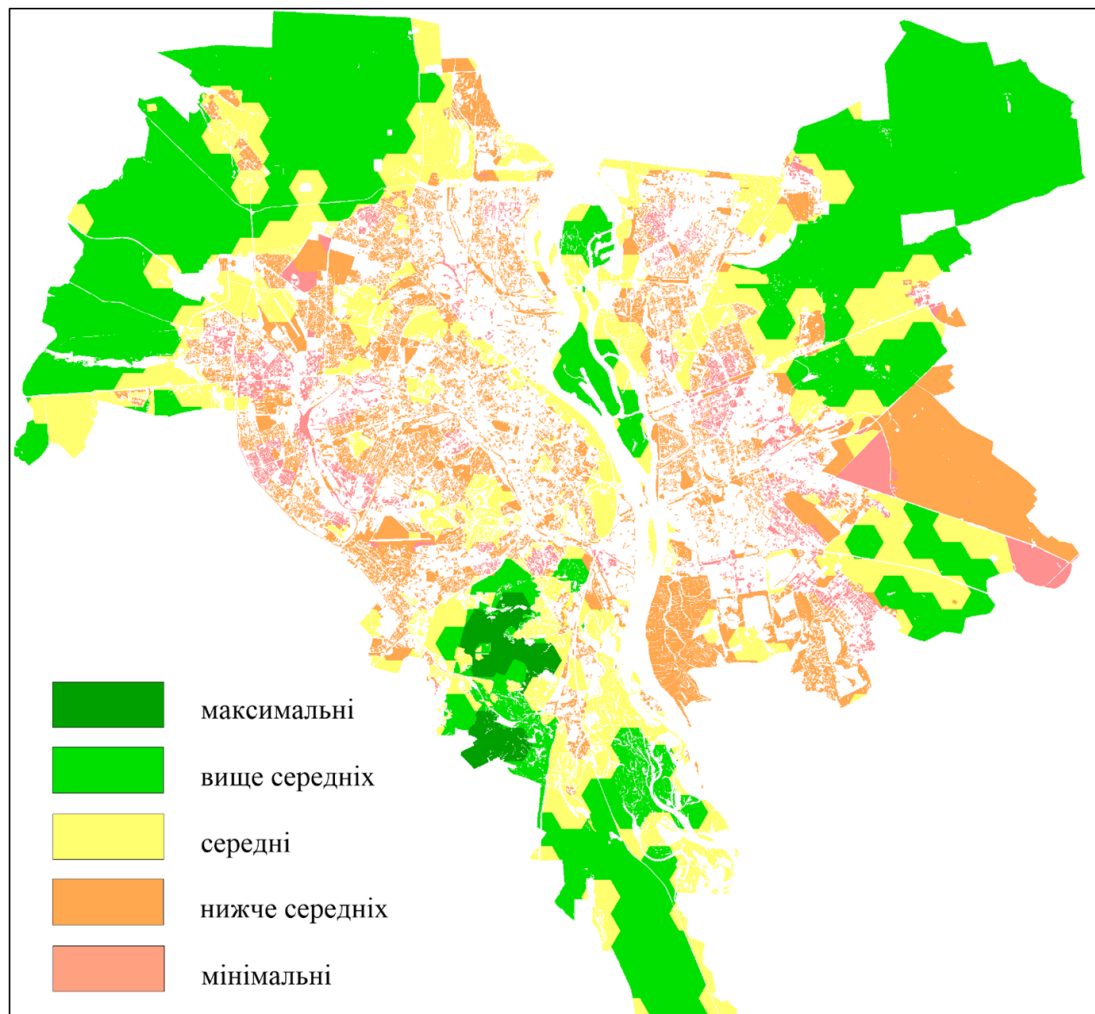


Рис. 4. Результат моделювання обсягів ЕП зі збереження біорізноманіття, що надають окремі МЗЗ м. Києва – $ES_biodiversity_{(g,a)}$

та острови Дніпра (табл.6, рис. 4).

Висновки. У роботі було представлено методику оцінки обсягів екосистемних послуг, що базується на визначенні ефективності МЗЗ у виконанні функції збереження біорізноманіття. Обсяги ЕП в даній оцінці цілком відповідають ефективності виконання МЗЗ «екомережних» функцій. Для визначення реальних обсягів ЕП ми зважали і на потенціал МЗЗ, і на характеристики їх стану, що призводять до його втрати.

За запропонованою методикою було визначено потенціал МЗЗ для виконання ними функцій еле-

ментів екомережі. Результати геоінформаційного моделювання показали, що найбільш «цінних» з точки зору збереження біологічного різноманіття МЗЗ, у Києві наразі спостерігається 2%. У той же час, 67% МЗЗ мають середні показники потенціалу. Також важливим є те, що 11 об'єктів мають низький потенціал та цінність як елементи екомережі.

Визначення характеру та сили антропогенного тиску, що зазнають МЗЗ м. Києва показало, що 19% модельних полігонів міста мають «середні» рівні антропогенного тиску, що обумовлено переважанням такого його виду, як міська забудова, отже МЗЗ у цих полігонах мають середні рівні стійкості. 2% модельних полігонів мають високі рівні антропогенного навантаження, зокрема через скупчення транспортних систем, відповідно МЗЗ в даних полігонах мають слабку (1%) та вельми слабку (1%) здатність до саморегуляції. У 32% модельних полігонів фіксуються рівні тиску нижче середніх, отже МЗЗ мають сильну здатність до саморегуляції. Як правило, це великі міські парки та лісопарки. У 38% модельних полігонів спостерігаються низькі рівні антропогенного навантаження, що як правило відповідає територіям лісових масивів на околицях міста та ОПЗФ у його межах, отже – саме на цих територіях спостерігається вельми сильна здатність до саморегуляції та стійкість МЗЗ у збереженні біорізноманіття.

Обраховані показники потенціалу МЗЗ та сили антропогенного навантаження, дозволили визначити «індивідуальну» ефективність МЗЗ у збереженні біорізноманіття – $E_{biodiversity}_{(g,a)}$. Результати показують, що за нинішніх умов лише на трьох ділянках спостерігається висока ефективність у збереженні біорізноманіття; 5% – є ефективними (показники вище середніх); більшість МЗЗ, а саме 67%, мають показники нижче середніх; 15% – мають низькі показники ефективності у збереженні біорізноманіття, що загалом типово в умовах великого міста.

Показники ефективності дозволили кількісно обрахувати обсяги ЕП – $ES_{biodiversity}_{(g,a)}$. Результати свідчать про те, що МЗЗ м. Києва у своїй переважній більшості надають екосистемні послуги зі збереження біорізноманіття у обсягах нижче середніх та середніх (60 та 21% об'єктів відповідно). Лише 24 об'єкти надають такі ЕП у максимальних обсягах. Об'єктів, що надають ЕП у обсягах вище середніх лише 4%, проте вони досить великі за площею. Це великі лісові масиви на околицях міста та острови Дніпра.

Оцінка, що відбувається за такою методикою може стати корисним інструментом у прийнятті природоохоронних рішень, оскільки дозволяє ідентифікувати МЗЗ, що потребують першочергових дій для покращення їхніх можливостей у збереженні біорізноманіття регіону.

Фінансування. Дане дослідження проводилось в рамках проекту «Технологія геоінформаційного оцінювання надання екосистемних послуг міськими зеленими зонами», що фінансується за рахунок зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов'язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій «Горизонт 2020».

Список використаних джерел

- Збереження і моніторинг біологічного та ландшафтного різноманіття в Україні. (2000).* Національний екологічний центр України. 244 с.
- Корогода, Н., & Кутач, Т. (2023).* Оцінка обсягів надання культурних екосистемних послуг зеленими зонами міста Києва. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology*, 58, 159-170. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-13>
- Корогода, Н. П. (2023).* Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у міських ландшафтах. *Ландшафтознавство*, 3(1), 56–67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67>
- Розбудова екомережі України. (1999).* Під ред. Шеляга-Сосонка, Ю.Р. Програма розвитку ООН. Проект “Екомережі”. 127 с.
- Самойленко, В. М., & Корогода, Н. П. (2006).* Геоінформаційне моделювання екомережі. Ніка-Центр, 224 с.
- Самойленко, В. М., & Корогода, Н. П. (2005).* Особливості геоінформаційного математично-картографічного моделювання екомережі в містах. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 7, 234-243
- Brondizio, E. S., Settele, J., Diaz, S., & Ngo H. T. (2019).* *IPBES: Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- Edinburgh Declaration on post-2020 global biodiversity framework. (2020).* <https://cor.europa.eu/en/events/pages/edinburgh-declaration.aspx>
- Gómez-Baggethun, E., Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2009).* The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69, 1209-1218

- Korohoda, N., Halahan, O., & Kovtoniuk, O. (2022, November). The use of GIS and Remote Sensing Data in Determining the Condition of Green Areas in Kyiv. In 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2022, No. 1, pp. 1–5). EAGE Publications BV. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580056>
- Korohoda, N., Kovtoniuk, O., & Halahan, O. (2023). Kyiv green areas: assessment of the functioning efficiency and volumes of ecosystem services for erosion control. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(3), 516-524. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112346>
- Maes, J., Liqueste, C., Teller, A., Erhard, M., Paracchini, M.L., et al. (2016). An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem Services*, 17, 14-23, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.023>
- Martens, D., Öztürk, Ö., Rindt, L., Twarok, J., Steinhardt, U., & Molitor, H. (2022). Supporting biodiversity: Structures of participatory actions in urban green spaces. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 952790. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.952790>
- The Convention on Biological Diversity*. (2011). <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities (eBook)*. (2013). Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1>
- Zari, M. P. (2018). The importance of urban biodiversity – an ecosystem services approach. *Biodiversity International Journal*, 2(4), 357-360. <https://doi.org/10.15406/bij.2018.02.00087>

References

- VZberezhennya i monitorynh biolohichnoho ta landshaftnoho riznomanittya v Ukraini (2000)*. [Conservation and Monitoring of Biological and Landscape Diversity in Ukraine]. Natsional'nyy ekolohichnyy tsentr Ukrainy [National Ecological Centre of Ukraine], 244 p. [inUkrainian].
- Korohoda, N., & Kupach, T. (2023). Otsinka obsyahir nadannya kul'turnykh ekosystemnykh posluh zelenymy zonamy mista Kyieva - Assessment of the volume of provision of cultural ecosystem services by Kyiv green zones. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology*, 58, 159-170. [inUkrainian] <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-13>
- Korohoda, N. P. (2023). Otsinka ekosystemnykh posluh zi znyzhennya rivnya shumy vid dorozhn'oho rukhu u mis'kykh landshaftakh - Assessment of ecosystem traffic noise reduction service in the urban landscapes. *Landshaftoznavstvo [Landscape science]*, 3(1), 56–67 [inUkrainian]. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67>
- Rozbudova ekomerezhi Ukrainy. (1999)*. [Development of the Ecological Network of Ukraine. Pid red. Shelyaha-Sosonka, YU.R. Prohrama rozvytku OON. Proekt "Ekomerezhi" [Edited by Sheliag-Sosonko, Y.R. United Nations Development Programme. Project "Ecological Networks", 127 p. [inUkrainian]
- Samoylenko, V. M., & Korogoda, N. P. (2006). Heoinformatsiynye modelyuvannya ekomerezhi [Geo-informative modeling of ecological network]. *Nika-Center*, 224 p. [inUkrainian].
- Samoylenko, V. M., & Korogoda, N. P. (2005). Osoblyvosti heoinformatsiynoho matematychno-kartografichnoho modelyuvannya ekomerezhi v mistakh - Features of geo-informational mathematical and cartographic modeling of eco-networks in cities. *Hidrolohiya, hidrokhimiya i hidroekolohiya [Hydrology, hydrochemistry and hydroecology]*, 7, 234-243. [in Ukrainian]
- Brondizio, E. S., Settele, J., Diaz, S., & Ngo H. T. (2019). IPBES: Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- Edinburgh Declaration on post-2020 global biodiversity framework. (2020)*. <https://cor.europa.eu/en/events/pages/edinburgh-declaration.aspx>
- Gómez-Baggethun, E., Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2009). The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69, 1209-1218
- Korohoda, N., Halahan, O., & Kovtoniuk, O. (2022, November). The use of GIS and Remote Sensing Data in Determining the Condition of Green Areas in Kyiv. In 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2022, No. 1, pp. 1–5). EAGE Publications BV. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580056>
- Korohoda, N., Kovtoniuk, O., & Halahan, O. (2023). Kyiv green areas: assessment of the functioning efficiency and volumes of ecosystem services for erosion control. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(3), 516-524. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112346>
- Maes, J., Liqueste, C., Teller, A., Erhard, M., Paracchini, M.L., et al. (2016). An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem Services*, 17, 14-23, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.023>
- Martens, D., Öztürk, Ö., Rindt, L., Twarok, J., Steinhardt, U., & Molitor, H. (2022). Supporting biodiversity: Structures of participatory actions in urban green spaces. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 952790. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.952790>
- The Convention on Biological Diversity*. (2011). <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities (eBook)*. (2013). Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1>
- Zari, M. P. (2018). The importance of urban biodiversity – an ecosystem services approach. *Biodiversity International Journal*, 2(4), 357-360. <https://doi.org/10.15406/bij.2018.02.00087>.