

**МІРОШНИК Н. В.**

ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»,  
Україна, 03143, м. Київ, вул. Ак. Лебедева, 37, ORCID: 0000-0003-3507-6585, e-mail:  
natalie.miroshnik@outlook.com

### ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МІЖ УРБАНІЗАЦІЄЮ ТА ЕКОСИСТЕМНИМИ ПОСЛУГАМИ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У МЕГАПОЛІСІ

**Мета.** Проаналізувати взаємозв'язки між урбанізацією та екосистемними послугами зелених насаджень у мегаполісі, виявити ризики та перспективні шляхи удосконалення управління. **Методи.** Застосовували методи порівняльного аналізу, класифікації, ранжування впливів. **Результати.** Вивчено взаємозв'язки між урбанізацією та екосистемними послугами зелених насаджень на прикладі урбоекосистеми Києва. Проаналізовано ризики фрагментації, знищення, адвентизації, підземної інфраструктури, гідрологічного режиму, невдалого управління. Наведено характеристики урбанізації та змін клімату для урбоекосистеми м. Києва. **Висновки.** У довгостроковій перспективі поліпшення якості екосистемних послуг зеленої інфраструктури може бути досягнуто внаслідок зменшення штучних поверхонь, збільшення лісових масивів та парків усередині міста, можливо внаслідок нових технологій вертикального озеленення, зелених дахів, парків на дахах, економічного стимулювання збереження багатоярусних насаджень великої площі. Необхідно створювати неперервні екологічні мережі зелених насаджень у межах держави, об'єднати фрагментовані біотопи та зберегти унікальне біорізноманіття, підтримати регіональну екологічну безпеку.

**Ключові слова:** міська агломерація, біорізноманіття, ризики, управління, Київ.

Стале ведення лісового господарства та сталий розвиток міст є одними з головних глобальних цілей розвитку суспільства згідно зі стратегіями ЄС Biodiversity Strategy 2030, EU Forest Strategy for 2030 та звітом про зелену інфраструктуру (COM (2013) 249 fin. L). У завданнях цих стратегій підкреслено необхідність приділяти особливу увагу покращенню якості повітря та збереженню зеленої інфраструктури (ЗІ), великою часткою якої є паркові екосистеми (ПЕ) у містах, для покращення екосистемних послуг та відновлення екосистем. Тому збере-

ження ПЕ як ключового компонента ЗІ урбоекосистем є пріоритетним напрямом досліджень та державного регулювання. Концепція сталого розвитку міст сприяє покращенню стану землі, води, повітря та навколишнього середовища в цілому. Цей процес можливий лише за взаємозв'язку екологічних, соціальних та економічних підходів урядів у управлінні [1, 2].

Зелені насадження створюють екосистеми та перебувають у безперервному процесі адаптації до динамічних та агресивних умов міста. Зміни у землекористуванні та фрагментація є одними з основних чинників знищення ЗІ та інших екосистем, скорочення біорізноманіття. Щоб запобігти цьому, уряди просувають заходи щодо збереження, зокрема, ініціативи ЄС. Для розробки ефективної політики землекористування, спрямованої на збереження різноманітності та зменшення фрагментованості ландшафтів, удосконалення управління ними, забезпечення сталого розвитку великих міських агломерацій, вкрай важливо оцінити вплив урбанізації на стан та життєздатність ЗІ, надання ними екосистемних послуг, що потребує розробки надійних і швидких методів оцінки. Оскільки збір даних про стан ЗІ трудомісткий, тривалий процес, – інтегральні індекси стану відповідають нагальним потребам суспільства, допоможуть масштабувати, оцінити стан на рівні всієї урбоекосистеми та прийняти правильні управлінські рішення для збереження і сталої просторової організації, у зв'язку зі швидкими темпами зростання урбоекосистем.

Швидка необоротна урбанізація є одним з найвпливовіших чинників, що негативно впливають на стан зелених насаджень та спричиняють їх загибель, що перешкоджає цілям сталого розвитку міст. Вона негативно впливає на природні і напівприродні екосистеми у межах міст [3, 4]. Тому потрібна зміна парадигми та векторів управління зеленими насадженнями. ЗІ у межах урбоекосистем є важливою для підтримання стабільності та надання важливих та уні-

© МІРОШНИК Н. В.

кальних екосистемних послуг [4-7].

*Мета* дослідження – проаналізувати взаємозв'язки між урбанізацією та екосистемними послугами зелених насаджень у мегаполісі на прикладі м. Києва; виявити ризики та перспективні шляхи удосконалення управління.

### Матеріали і методи

Застосовували методи порівняльного аналізу, синтезу, класифікації, ранжування впливів.

### Результати та обговорення

Одними із важливих екосистемних послуг, що надають ЗІ, і, зокрема ПЕ у межах мегаполісів, є *регулюючі* (покращення якості й регуляція кількості прісної води, формування, захист ґрунтів від ерозії, нормалізація макро-, мікроклімату, погодних умов, якості повітря, пом'якшення наслідків зміни клімату, запилення рослин, інші процеси, які формують «природний баланс» біосфери); *культурні та соціальні послуги* – нематеріальні вигоди, що ми отримуємо від природи (підтримання фізичного і ментального здоров'я, зниження урбаністичного стресу та психологічних перевантажень, духовне і творче збагачення, отримання нових знань і вмінь, формування культурного надбання, ідентичності соціальних і етнічних груп); *послуги підтримання екосистем* (глобальні процеси формування атмосфери, гідросфери, ґрунтів, кліматичних зон, колообіг речовин у природі, зокрема, виділення кисню та секвестрація вуглецю, перерозподіл ксенобіотиків у біосистемах тощо) [5, 6, 8]. Естетичні функції ландшафтів, їх історична цінність, мають економічну вартість у складі соціальних екосистемних послуг. Можлива еколого-економічна оцінка естетики, соціальної цінності ландшафтів ПЕ, що створює економічну платформу для їх збереження, як надавачів екосистемних послуг [3, 9]. ПЕ є важливим індикатором стабільності та пролонгованої стійкості урбоекосистем. Трав'яний ярус та ярус підліску у парках, крім важливої екологічної ролі для птахів та інших організмів, обумовлюють природне поновлення деревних порід, є основними центрами рослинного різноманіття, показником життєздатності лісових та напівприродних екосистем [10]. Тісний взаємозв'язок та вплив деревного і трав'яно-чагарникового ярусу, їх склад і структура, визначають спрямування сукцесійного процесу у ПЕ. Отже, вирубування ярусу підліску, скошування газонів та значна площа твердого покриття ґрунту у містах негативно впливає на стабільність ПЕ. Зміна

різних характеристик структури рослинності парків (таксономічних, хорологічних, біоморфологічних, ценотичних та екологічних) відображає спектр впливу людської діяльності. Завдяки значній різноманітності чутливих видів з різними біологічними та екологічними характеристиками трав'яний ярус ПЕ може швидко, об'єктивно реагувати на зміни довкілля, дає змогу встановити причини, синекологічний ефект їх взаємодії та передбачити напрями майбутніх трансформацій [4, 11].

Урбанізація призводить до значних змін довкілля і типів землекористування, нерівномірно впливає на різні екосистемні послуги. Розширення міських земель, фрагментація ландшафтів і глобальні зміни гідрологічного режиму безпосередньо пов'язані зі зниженням екосистемних послуг біосистем, у той час як кількість населення та економічне зростання мають другорядне значення [8]. Вивчення якості, стану зелених насаджень має першочергове значення для розуміння процесів, що на них впливають та характеру взаємодії з джерелами негативного впливу (процеси урбанізації, забруднення, зміни клімату; адвентизація флори). Чим інтенсивніше вплив урбанізації на ПЕ, тим менше їх здатність надавати екосистемні послуги [3, 12]. Отже, при кращому стані, більшій площі ЗІ, якості і обсягу екосистемних послуг, що вони надають, буде зростати. При погіршенні стану ПЕ та зменшенні їх площі, знизиться якість виконання ними всіх груп послуг, що викличе додаткові витрати уряду на покращення стану екосистем (посадку нових дерев, покращення гідрологічного режиму, обробку насаджень препаратами для лікування хвороб, закріплення дорожнього полотна, схилів, підземної інфраструктури – метро, внаслідок порушення режиму підземних вод, ліквідація стихійних явищ – підтоплення, зсувів, селів тощо, що виникли внаслідок невчасного регулювання та невідповідності науковим основам управління; збільшаться затрати (субсидії держави) на здоров'я людей, яке погіршиться (наприклад, дитяча смертність від смогу, додаткова смертність від хронічних захворювань, важкі алергічні реакції та збільшення ризику онкозахворювань тощо [13, 14]. Загрозою біорізноманіттю сьогодні є і рослинні інвазії, особливо для аборигенних видів та нативних угруповань [11, 15]. Виявлено здатність адвентивних видів рослин змінювати ґрунтові умови, збільшувати рН, вміст азоту [16], і, як наслідок, витіснити нативні види, змінювати структуру угруповань та знижувати біорізноманіття в цілому [15, 17].

Деякі дослідники вважають, що для стабілізації, збільшення зв'язності ЗІ, підвищення біорізноманіття у містах, можна вводити чужорідні рослини [9]. Проте введені штучно в угруповання адвентивні рослини у майбутньому можуть знищити природні угруповання, неконтрольовано розмножитися, що у підсумку веде до зниження біорізноманіття, гомогенізації угруповань не тільки рослин, а й інших організмів [10, 16, 17]. Досліджено економічні втрати від інвазій [16]. Нами досліджено вплив адвентивних видів на фіторізноманіття ПЕ [4]. Дослідження градієнтів і показників урбанізації та змін клімату на ЗІ проведено у різних країнах [1, 2, 3, 8, 12].

Наявність різноманітних міських ландшафтів, парків і лісів у межах міст сприяє різноманітності рослин, членистоногих, птахів та інших тварин [3, 7, 10, 18], запиленню рослин та іншим важливим екосистемним послугам [1, 18]. Це пов'язано з розвиненою структурою різних типів фітоценозів, мережами харчових ланцюгів та міжвидовими зв'язками. Розглянуто трансформацію стану деревних рослин у парках і містах [4, 7, 18]. Також оцінено екосистемні послуги паркових зон [3, 4, 6]. Досліджено загрози – розселення чужорідних рослин у парках [15, 17]. Вивчено градієнт урбанізації від сільської до дуже урбанізованої території та ефективно використано ГІС – технології [4, 6, 19]. Проведено дослідження взаємозв'язку між урбанізацією, цінністю і забезпеченням екосистемних послуг [8]. Порахована втрата вартості екосистемних послуг екосистем у результаті урбанізації [20]. Запропоновано інтегровані індекси, що відображають стан і зв'язність ландшафтів, екосистем [4, 6, 18] та моделі [19, 21]. Проте мало досліджено градієнти урбанізації центр міста – окраїни та парк – за межами парку; значення і вплив ПЕ на стабільність урбоекосистем. Ми, у роботах [4, 11] оцінили градієнти урбанізації найбільшого мегаполіса України та сьомого за площею у Європі – м. Києва. Вивчили наслідки градієнта урбанізації для ПЕ та за їх межами, довели зв'язок стану ПЕ, збереження біорізноманіття та рівня рекреаційного навантаження, позитивний вплив ПЕ на оздоровлення урбоекосистеми та підтримання її у стабільному стані [4, 11]. Запропонували систему екологічних індикаторів, що інтегровано відображає градієнт урбанізації, є показниками «здоров'я» ПЕ. Ця система дає інформацію для прийняття управлінських рішень щодо кращого збереження ЗІ, і, зокрема, ПЕ міста при масшта-

бній забудові та трансформації ландшафтів [4]. Уведено оригінальний індекс, який ефективно враховує рівень рекреаційного навантаження у мегаполісі, що можна застосовувати для оцінки ПЕ в інших урбоекосистемах [4, 11]. Комплексний антропогенний вплив на екосистеми м. Києва здійснюється за чотирма векторами: промислове забруднення, автотранспорт, рекреація і, як наслідок, великі обсяги твердих побутових відходів. Нами здійснено просторовий аналіз та складено карти рельєфу і рівня урбанізації Києва [4]. Проаналізовано здатність ЗІ надавати екосистемні послуги для досягнення глобальних цілей охорони та сталого розвитку. Оскільки урбанізація зазвичай є незворотним процесом, що довгостроково впливає на природне середовище Києва, досліджені нами явища можуть служити моделлю урбанізації всієї території України.

Деякі показники урбанізації Києва значно підвищились, наприклад, за 20 років кількість автомобілів збільшилась у 7 разів (до 1,3 млн авто). За кількістю новозабудованої території Київ посідає перше місце в Україні. Площа міста збільшилась з 1923 р. у 2,1 раза. Кількість населення за останні 13 років збільшилась на 7,2 %. Зараз населення складає 3,14 млн жителів, за неофіційною статистикою – понад 5 млн жителів. Що тягне за собою розростання міст-сателітів, які знаходяться у межах Київської міської агломерації. Коефіцієнт урбанізації за останні 13 років збільшився з 0,46 до 0,6. Територіально Київ злився з містами-сателітами та функціонує як єдине місто [22]. Збільшення площі й населення міст-супутників Бровари, Вишневе, Ірпінь, призводить до поглинання сільських територій і лісів, їх забудови. Тому необхідна нова політика регулювання забудови та розширення міста, яка б враховувала максимальне збереження зеленої та синьої інфраструктури, біорізноманіття, комфортності, якості ресурсів, гідрологічного режиму території, підвищення якості послуг середовища проживання, зниження негативних наслідків урбанізації. За останні 45 років спостерігають зміни клімату у Києві (зменшення вологості, збільшення температури на 5°C всередині міста, утворення температурних інверсій, зменшення кількості атмосферних опадів на ~ 15 % у теплий період року. Річна сума атмосферних опадів зменшилась ~ на 10 % мм/рік. Останніми роками Київ втратив 0,32 % зелених насаджень, у тому числі з природно-заповідного фонду [23]. Попередню інвентаризацію ЗІ м. Києва проводили майже 20

років тому, у 2003 [24]. Отже, необхідні нові систематичні дослідження стану ЗІ міста і взаємозв'язків з процесами урбанізації та зміни клімату для формування нової Програми і концепції її розвитку для м. Києва, що втратила чинність у 2017 р. [24]. А політика і стратегія управління ЗІ на рівні держави потребує оновлення у зв'язку з глобальними процесами, та впровадження стратегії ЄС щодо сталого розвитку міст. Щоб міста могли адаптуватися до зміни клімату та пом'якшувати його наслідки, необхідно враховувати стан земель на всіх рівнях існування та планування, інтегрувати з управлінням водними ресурсами та стоками. Наприклад, зміни температури, які можуть спричинити зміщення циклів заморожування-відтавання, що призведе до нерівномірних осідань ґрунту або надлишкового випаровування з твердого покриття доріг при аномально високих температурах влітку; внесок в «острів тепла» нагрітих дорожніх поверхонь і будівель. Зміни у характері та інтенсивності опадів можуть вплинути на стабільність земель через зміну їх властивостей або втрату рослинності через тривалі періоди посухи. Як наслідок, збільшиться ризик підтоплення, селів та інших катастрофічних явищ. Для управління цими ризиками потрібні міжгалузеві комплексні дослідження, які об'єднують знання з метеорології, гідрології, геології, технології будівництва, інженерно-геологічних робіт тощо. Дослідження земель у кількох просторових масштабах та за комплексного підходу стануть ще актуальнішими, оскільки необхідно постійно аналізувати пов'язані із ґрунтами наслідки змін клімату для існуючого фонду забудованих земель.

Важливо враховувати ризики підземної інфраструктури, щоб запобігти катастрофічним наслідкам (зсуви, селі, неконтрольований дощовий стік) [25]. Наразі розвивається перспективний напрям досліджень – підземний урбанізм (*underground urbanism*), який розглядає підземні споруди (у тому числі метро), у складі тривимірної моделі міста, і є мало вивченою загрозою стабільності ЗІ, оскільки порушує гідрологічний режим і може призвести до загибелі зелених насаджень на великих ділянках. Хоча має і позитивні риси, адже зменшує площі надземної забудови та доріг. Розширюючи концепцію землекористування від двомірного розуміння площі до тривимірного розуміння обсягу, підземна інфраструктура названа «останньою межею» міського розвитку. У людській географії «вертикальний» та «об'ємний» урбанізм, обидва з

яких обов'язково включають підземні споруди, з'явилися як області дослідження [25]. Тому, вплив змін клімату на довкілля, у тому числі властивості ґрунтів потребує всестороннього вивчення при плануванні й підтримці дорожньої інфраструктури, будівель тощо.

### Висновки

Отже, зменшення площі зелених насаджень міст, перебудова гідрологічного режиму, «синьої» інфраструктури, знищення, забудова без врахування наслідків для природних екосистем веде до катастроф локального та регіонального рівня (повеней, селів, опустелювання, знищення ґрунтів, та, як наслідок, змін клімату та зменшення врожайності сільськогосподарських культур). Тому необхідний постійний моніторинг змін та збереження природних екосистем, ЗІ на градієнті місто – сільські території; помірковані та обґрунтовані управлінські рішення як на рівні місцевої влади, так і у межах держави. Збереження та розширення ЗІ у містах має важливе значення у досягненні національних, європейських та глобальних кліматичних цілей, водночас сприяючи ефективній екологічній політиці, сталому розвитку міст, особливо мегаполісів, де накопичується екологічне навантаження. ПЕ мають пріоритет перед іншими у захисті та відновленні для підвищення цінності екосистемних послуг, оскільки ПЕ забезпечують унікальні послуги збереження біорізноманіття у містах, забезпечення безперервності ландшафтів, очищення повітря, стабілізації урбоекосистем, а також дуже важливі для збереження здоров'я населення. Зараз однією з флагманських політик Європейського Союзу є компенсації керуючим земельними ділянками за надання суспільних благ, яка знаходить відгук у всьому світі для досягнення цілей сталого розвитку [7]. В Україні ця політика може бути впроваджена як компенсація забудовникам та громадам за максимальне збереження цінних масивів зелених насаджень при відведенні земельних ділянок під забудову або автошляхи, впровадження податкових канікул та інших економічних інструментів для збереження і покращення екосистемних послуг від ЗІ. У довгостроковій перспективі поліпшення якості екосистемних послуг ЗІ може бути досягнуто внаслідок зменшення штучних поверхонь, збільшення лісових масивів та парків усередині міста, можливо внаслідок нових технологій вертикального озеленення, зелених дахів, парків на дахах, економічного стимулювання збереження багатоя-

русних насаджень великої площі. Необхідно створювати неперервні екологічні мережі зелених насаджень у межах держави, об'єднати фрагментовані біотопи та зберегти унікальне біорізноманіття, підтримати регіональну екологічну безпеку.

У політиці інтегрального управління мегаполісом необхідно враховувати щільність населення для правильного розподілу рекреа-

ційного навантаження та врахування інтересів і потреб населення у можливості рекреаційного використання зелених насаджень. У нових забудованих районах враховувати збільшене навантаження на вже наявну інфраструктуру, насаджень та сприяти створенню нових зелених насаджень для покращення естетичності ландшафтів, здоров'я населення.

## References

- Ogrodnik K., Kolendo L. Application of gis technology and AHP to determine the areas with fully developed, compact functional and spatial structure: A case study of Bialystok, Poland. *Land Use Policy*. 2021. Vol. 109. 105616. doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105616.
- Getu K., Gangadhara Bhat H. Analysis of spatio-temporal dynamics of urban sprawl and growth pattern using geospatial technologies and landscape metrics in Bahir Dar, Northwest Ethiopia. *Land Use Policy*. 2021. Vol. 109 (C).
- Wang M., Jian Peng, Yi'na Hu, Yueyue Du, Sijing Qiu, Mingyue Zhao Scale consistency for investigating urbanization level, vegetation coverage, and their correlation. *Urban Forestry & Urban Greening*. Vol. 59. 2021. 59 p. 126998. doi: 10.1016/j.ufug.2021.126998.
- Miroshnyk N., Likhanov A., Grabovska T., Teslenko I., Roubik H. Green infrastructure and relationship with urbanization – Importance and necessity of integrated governance. *Land Use Policy*. 2022. Vol. 114. 105941. doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105941.
- Stepniewska M. The capacity of urban parks for providing regulating and cultural ecosystem services versus their social perception. *Land Use Policy*. 2021. Vol. 111. 105778. doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105778.
- Blachowski J., Hajnrych M. Assessing the Cooling Effect of Four Urban Parks of Different Sizes in a Temperate Continental Climate Zone: Wroclaw (Poland). *Forests*. 2021. Vol. 12. 1136. doi: 10.3390/f12081136.
- Tyllianakis E., Martin-Ortega J. Agri-environmental schemes for biodiversity and environmental protection: How we are not yet “hitting the right keys. *Land Use Policy*. 2021. Vol. 109. 105620. doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105620.
- Ouyang X., Tang L., Wei X., Li Y. Spatial interaction between urbanization and ecosystem services in Chinese urban agglomerations. *Land Use Policy*. 2021. Vol. 109. 105587. doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105587.
- Ernstson H. The social production of ecosystem services: A framework for studying environmental justice and ecological complexity in urbanized landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 2013. Vol. 109 (1). P. 7–17. doi: 10.1016/j.landurbplan.2012.10.005.
- Tarabon S., Bergès L., Dutoit T., Isselin-Nondedeu F. Maximizing habitat connectivity in the mitigation hierarchy. A case study on three terrestrial mammals in an urban environment. *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 243. P. 340–349. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.04.121.
- Lavrov V. V., Miroshnyk N. V., Shupova T. V., Teslenko I. K., Gonchar G. Yu. Scientific bases of integrated assessment of park forest ecosystems in the conditions of a big city. Methodical recommendations: under the general edited by prof. V. V. Lavrov. Kyiv, 2021. 68 p. Retrieved from: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/5891>. [in Ukrainian]
- Tao Y., Hongning W., Weixin Ou., Guo J. A land-cover-based approach to assessing ecosystem services supply and demand dynamics in the rapidly urbanizing Yangtze River Delta region, *Land Use Policy*. 2018. Vol. 72. P. 250–258. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.12.051.
- Menno di Buccianico A. D., Brighetti M. A., Cattani G., Costa C., Cusano M., De Gironimo V., Froio F., Gaddi R. Combined effects of air pollution and allergens in the city of Rome. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2019. Vol. 379. P. 13–23. doi: 10.1016/j.ufug.2018.04.001.
- Tiotiu A. I., Nakova P., Nedeva D., Jose Chong-Neto H., Novakova S., Steiropoulos P., Kowal K. Impact of Air Pollution on Asthma Outcomes. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020. 17 (17). 6212. doi: 10.3390/ijerph17176212.
- Novoa A., Moodley D., Catford J.A., Golivets M., Bufford J., Essl F., Lenzner B., Pattison Z., Pyšek P. Global costs of plant invasions must not be underestimated. *NeoBiota* 69. 2021. P. 75–78. doi: 10.3897/neobiota.69.74121.
- Bais H. P., Vepachedu R., Gilroy S., Callaway R. M., Vivanco J. M. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions. *Science*. 2003. 301. P. 1377–1380. doi: 10.1126/science.1083245 12958360 1:CAS:528:DC %2BD3sXmvFeltbg %3D.
- Callaway R. M., Ridenour W. M. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2004. Vol. 2 (8). P. 436–443. doi: 10.1890/1540-9295(2004)002[0436:NWISAT]2.0.
- Cwik A., Wójcik T., Ziaja M., Wójcik M., Kluska K., Kasprzyk I. Ecosystem Services and Disservices of Vegetation in Recreational Urban Blue-Green Spaces – Some Recommendations for Greenery Shaping. *Forests*. 2021. 12 (8). 1077. doi: 10.3390/f12081077.
- Yang C., Zhao Sh. Urban vertical profiles of three most urbanized Chinese cities and the spatial coupling with horizontal urban expansion. *Land Use Policy*. 2022. Vol. 113. 105919. doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105919.
- Qi Z. F., Ye X. Y., Zhang H., Yu Z. L. Land fragmentation and variation of ecosystem services in the context of rapid urbanization: the case of Taizhou city, China *Stoch. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2014. Vol. 28 (4). P. 843–855.

21. Mansur A. V., McDonald R. I., Güneralp B., Kim H., Puppim de Oliveira J. A., Callaghan C. T., Hamel P., Kuiper J. J., Wolff M., Liebelt V., Martins I. S., Elmqvist T., Pereira H. M. Nature futures for the urban century: Integrating multiple values into urban management. *Environmental Science & Policy*. 2022. Vol. 131. P. 46–56. doi: 10.1016/j.envsci.2022.01.013.
22. The International Bank Report for Reconstruction and Development. Ukraine. *Urbanization Review*. 2015. 218 p. No: ACS15060. Retrieved from: <https://mistosite.org.ua/uk/articles/urbanizatsiini-protsezy-v-ukraini-1989-2013-zvit-svitovoho-banku>.
23. Boychenko S. G., Karamushka V. I., Tishchenko O. V., Mokhnach R. Yu. Environmental threats to biodiversity in Kyiv from climate change. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2017. Vol. 12. P. 104–111. doi: 10.15407/dopovidi2017.12.104. [in Ukrainian]
24. Decision of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 19, 2005 No. 806/3381: On approval of the Program for the development of the green zone of Kiev until 2010 and the Concept for the formation of green spaces in the central area of the city (continued until December 31, 2017). Retrieved from: [http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/1\\_docki2.nsf/alldocWWW/F568AC23F047A944C22573C00053FA80?OpenDocument](http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/1_docki2.nsf/alldocWWW/F568AC23F047A944C22573C00053FA80?OpenDocument).
25. Loretta von der T., Ritter S., Hale S., Langford J., Salazar S. From urban underground space (UUS) to sustainable underground urbanism (SUU): Shifting the focus in urban underground scholarship. *Land Use Policy*. 2021. 109 (4). 05650 doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105650.

#### MIROSHNYK N.

*Institute for Evolutionary Ecology, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, 03143, Kyiv, Lebedeva str., 37*

#### GREEN INFRASTRUCTURE, URBANIZATION AND ECOSYSTEM SERVICES – RELATIONSHIPS IN A MEGALOPOLIS

**Aim.** Analyzed the relationship between urbanization and ecosystem services of green spaces in the metropolis, identified risks and promising ways to improve management. **Methods.** Methods of comparative analysis, classification, ranking of impacts were used. **Results.** The relationship between urbanization and ecosystem services of green spaces has been studied on the example of the urban ecosystem of Kyiv. The risks of fragmentation, destruction, adventization, underground infrastructure, hydrological regime, and unsuccessful management was analyzed. The characteristics of urbanization and climate change for the urban ecosystem of Kyiv was presented. **Conclusions.** In the long term, improving the quality of green infrastructure ecosystem services can be achieved by reducing artificial surfaces, increasing forest areas and parks within the city, possibly through new technologies for vertical gardening, green roofs, rooftop parks, and economic incentives for the conservation of multi-tiered plantings of a large area. It is necessary to create continuous ecological networks of green spaces within the state, unite fragmented biotopes and preserve unique biodiversity, maintain regional environmental security.

**Keywords:** urban agglomeration, biodiversity, risks, management, Kyiv.