

УДК 502.175:911.375.5:630*27

DOI <https://doi.org/10.33989/2024.10.2.323712>

Н. О. Власенко

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

вул. Остроградського, 2, м. Полтава, 36000, Україна

Vlasnataliia@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3811-6493

ВИКОРИСТАННЯ ІНДЕКСІВ ЖИТТЄВОГО СТАНУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МІСЬКИХ НАСАДЖЕНЬ

Зелені насадження в міських парках не лише суттєво підвищують якість міського середовища, але й сприяють соціальним взаємодіям, роблячи їх важливим чинником міської життєздатності, особливо у густонаселених та екологічно напружених мегаполісах. В умовах зростаючого антропогенного навантаження на урбоєкосистеми, особливо у великих промислових містах, зелені насадження виконують критично важливі екологічні функції. Вони сприяють зниженню рівня забруднення повітря від викидів промислових підприємств та автотранспорту, регулюють температурний режим, підвищують вологість повітря, а також зменшують швидкість вітру, шумове забруднення та інші негативні прояви урбанізації. У цьому контексті дослідження видового складу та життєвого стану деревних рослин стає необхідним для моніторингу та ефективного управління міськими насадженнями.

Особливої уваги потребує створення банку даних зелених насаджень для таких великих індустріальних міст, як Дніпро, де екологічне навантаження суттєво впливає на стан урбоєкосистеми. Незважаючи на наявність окремих досліджень у цьому напрямку, актуальним залишається питання системного вивчення життєвого стану насаджень із використанням сучасних методик, таких як індекси життєвого стану дерев.

Особливий інтерес становить вивчення хвойних рослин у міських умовах, оскільки вони не лише зберігають декоративність у будь-яку пору року, а й вирізняються високою фітонцидною активністю, що робить їх важливими елементами боротьби із забрудненням повітря. Моніторинг життєвого стану хвойних насаджень дозволить не лише забезпечити їх збереження, а й оптимізувати підходи до їхнього використання в озелененні міських територій, підвищуючи екологічну стабільність урбанізованого середовища.

***Ключові слова:** зелені насадження, індекси життєвого стану, урбанізація, урбоєкосистема, антропогенний вплив, моніторинг зелених насаджень.*

Вступ. Міська життєздатність символізує динамізм і активність міста, значною мірою визначаючи його привабливість і конкурентоспроможність. Це фундаментальний елемент забезпечення якості життя в місті, оскільки жваве місто краще долає виклики, які постійно перед ним виникають. Відтоді як Джейн Джейкобс вперше представила концепцію «міської життєздатності», дослідники аналізували чинники її впливу з різних перспектив. Як важливий компонент міської інфраструктури, зелені насадження не лише покращують якість міського середовища, зменшують ефект теплового острова та забезпечують екосистемні послуги, але й сприяють фізичному та психічному здоров'ю мешканців, підвищують якість їхнього життя та добробут.

Зелені насадження у міському середовищі виконують численні важливі функції, які охоплюють екологічні, соціальні, економічні, естетичні та культурні аспекти. Їх кількість та якість слугують міжнародно визнаними показниками відповідності міста принципам сталого розвитку. Проте техногенне забруднення, зокрема важкими металами, що спостерігається в урбоєкосистемах, створює серйозні загрози для здоров'я міських насаджень. Це порушує природні функції деревних рослин, знижує їхню стійкість і здатність виконувати роль природних фільтрів довкілля.

Незважаючи на значну кількість досліджень щодо ролі зелених насаджень у покращенні екологічної ситуації, залишається невирішеним питання об'єктивного моніторингу життє-

вого стану дерев у міських умовах з урахуванням антропогенного навантаження. Відсутність чіткої системи оцінки здоров'я дерев ускладнює розробку ефективних заходів збереження міських насаджень.

Метою даного дослідження є розробка та апробація індексів життєвого стану дерев для моніторингу міських насаджень. Ці індекси мають забезпечити комплексну оцінку фізіологічного стану рослин, їхньої здатності до адаптації в умовах антропогенного забруднення, а також ефективність виконання екологічних функцій. На основі отриманих даних планується розробити рекомендації щодо збереження та підвищення стійкості міських насаджень в умовах сучасних екологічних викликів.

Індекс життєвого стану міських дерев є методикою, розробленою Callow та співавторами (Dong, Zhang, 2022), що базується на попередніх підходах оцінки зрілих лісових дерев, запропонованих Grimes, та методі оцінки мертвих і всихаючих дерев Lindenmayer та ін.. Методика Grimes була вдосконалена Martin та співавторами, а також Johnstone та ін. і зрештою доопрацьована Callow та ін. (Chang, Hui Chiang, 2006).

Матеріали та методи. Для аналізу стану міських зелених насаджень обрано чотири міста України: Київ, Полтаву, Дніпро та Львів. Ці міста мають різні масштаби, екологічні умови та рівень антропогенного навантаження, що дозволяє отримати репрезентативні результати для створення рекомендацій щодо моніторингу та покращення стану міських зелених зон. У статті буде проведено ґрунтовний аналіз стану міських зелених насаджень із використанням сучасних методів збору даних. Зокрема, буде виконано інвентаризацію дерев за допомогою польового обстеження, що дозволить ідентифікувати видовий склад, визначити вікову структуру та оцінити біометричні параметри дерев. Додатково, застосування візуальної оцінки стану дерев на основі спеціальних шкал дасть змогу визначити рівень пошкоджень, включаючи суховершинність, наявність хвороб і механічних ушкоджень.

Результати та їх обговорення. Міська життєздатність символізує динаміку та активність міста, значною мірою визначаючи його привабливість і конкурентоспроможність. Це є фундаментальним елементом у досягненні високої якості життя у міському середовищі, адже саме життєздатне місто здатне краще відповідати на виклики, що постійно виникають. З моменту, коли Джейн Джейкобс вперше запровадила концепцію «міської життєздатності», науковці аналізують фактори, що впливають на неї, з різних перспектив (Jin et al., 2017). Як важливий компонент міської інфраструктури, зелені зони не лише покращують якість навколишнього середовища та зменшують ефекти міських теплових островів, але також забезпечують екосистемні послуги, підвищують фізичне та психічне здоров'я мешканців, а також загальний добробут. Політики дедалі більше визнають важливість зелених зон, що призводить до розробки відповідних програм і стратегій.

Зокрема, в рамках Цілей сталого розвитку ООН (Wang et al., 2022), спрямованої на створення інклюзивних, безпечних, стійких і життєздатних міст, особлива увага приділяється розширенню міських зелених просторів. Приклади з інших країн демонструють, як зелена інфраструктура може покращити якість життя містян. Наприклад, «Європейська зелена угода», план «Зелена інфраструктура і біорізноманіття Барселони», а також ініціативи Лондона, Сінгапуру та Нью-Йорка свідчать про успіх інтеграції зелених зон у стратегії сталого розвитку (Huang, Jiang, Li, Zhao, 2022; Chen, Yu, Shu, Yang, Wang, 2023; Lan, Gong, Da, Wen, 2020).

Для України концепція міської життєздатності та розвиток зелених зон набувають особливого значення. Зелена інфраструктура в українських містах, таких як Київ, Львів, Полтава та Львів, стає ключовим елементом у вирішенні екологічних, соціальних та економічних викликів. Міські парки, сквери та зелені коридори виконують важливу роль у боротьбі зі забрудненням повітря, покращенні мікроклімату та забезпеченні комфортних умов для відпочинку та соціальної взаємодії мешканців.

Реалізація міжнародних стандартів, таких як Nature-based Solutions (NbS), може бути адаптована до місцевих потреб шляхом інтеграції зелених зон у плани реконструкції та від-

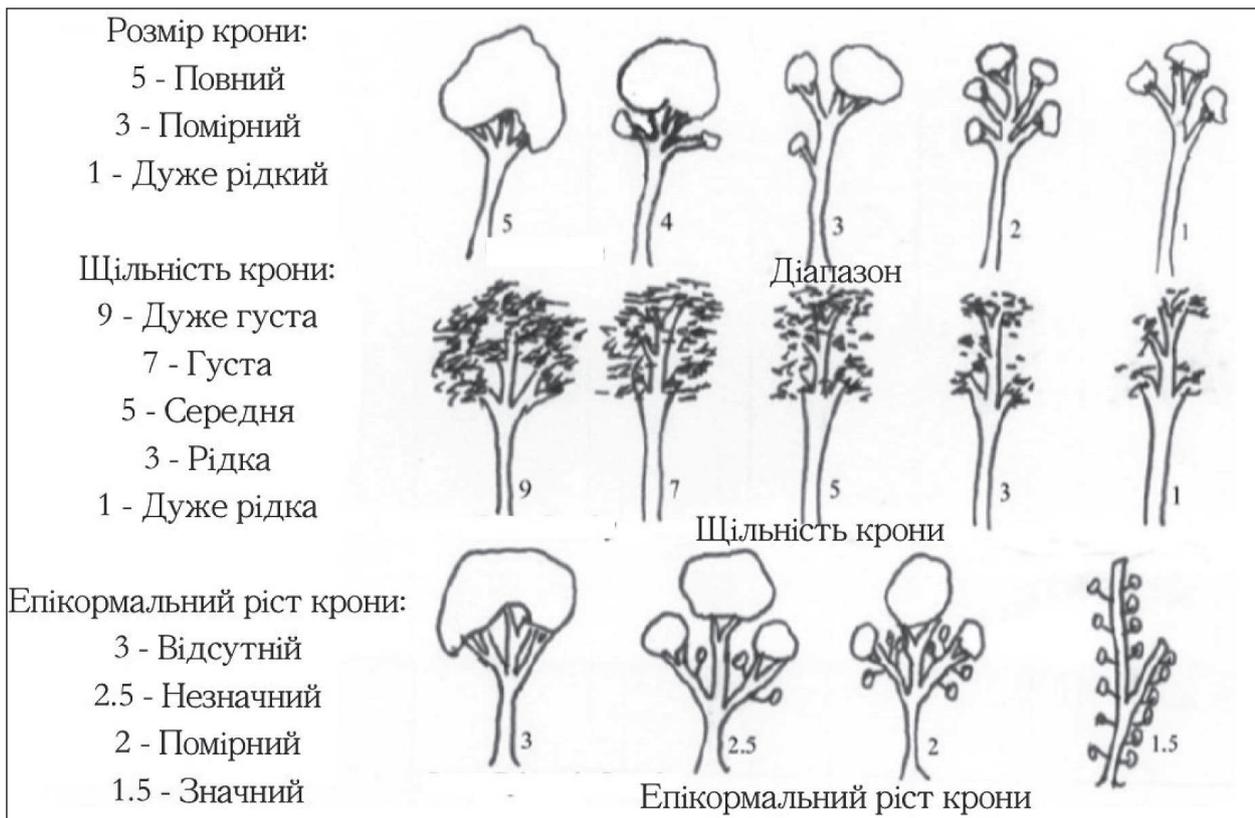


Рис. 1. Схематичне зображення оцінки індексу життєвого стану міських дерев (Fite, 2008).

новлення українських міст, особливо в регіонах, постраждалих від війни. Створення міських парків та екологічних коридорів допоможе не лише підвищити екологічну стійкість міст, але й сприятиме відновленню психологічного здоров'я громадян (Бессонова, Іванченко, 2019).

Площа озелених територій загального користування для міст повинна становити не менше 25 м²/люд., в сільських поселеннях – не менше 20 м²/люд. Рівень озеленення території житлової забудови повинен бути не менше 40%, промислових підприємств – 30 %, ділянок шкіл і дитячих дошкільних закладів – 80%, лікарень – не менше 60 % (Про зелені насадження міст та інших населених пунктів, 2018).

Україна має потенціал для використання найкращих світових практик, водночас враховуючи унікальні соціально-економічні та екологічні виклики. Синергія міжнародного досвіду та місцевих рішень може значно підвищити міську життєздатність і якість життя мешканців.

У цьому дослідженні були обстежені дерева в таких українських містах: Київ, Полтава, Дніпро та Лівів. Україна характеризується значними кліматичними варіаціями, середньорічна кількість опадів становить від 500 до 700 мм залежно від регіону, а літні температури сягають максимуму 25-32°C. Для аналізу були обрані зрілі дерева, представлені місцевими та інтродукованими видами, які зазвичай зустрічаються в міських насадженнях, зокрема липа серцелиста (*Tilia cordata*), дуб звичайний (*Quercus robur*), і тополя чорна (*Populus nigra*).

На рисунку представлено візуальну схему для оцінки життєвого стану дерев, що базується на трьох основних показниках. Ця схема дозволяє систематизувати оцінку дерев і забезпечити зручність у визначенні їх життєздатності.

Загальна формула індексу життєвого стану:

$$ІЖС=R+D+E$$

де:

- R (розмір крони): R=5(повний), R=3 (помірний), R=1 (дуже рідкий);
- D (щільність крони): D=9 (дуже густа), D=7 (густа), D=5 (середня), D=3 (рідка), D=1 (дуже рідка);

• Е (епікормальний ріст): Е=3 (відсутній), Е=2.5 (незначний), Е=2 (помірний), Е=1.5 (значний) (Гудим М. Г., 2016).

Таблиця 1

Зв'язок між різними індексами життєвого стану для моніторингу міських насаджень для трьох видів дерев: липа серцелиста (*Tilia cordata*), дуб звичайний (*Quercus robur*) і тополя чорна (*Populus nigra*)

Показник	Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i>)	Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i>)	Тополь чорна (<i>Populus nigra</i>)	Примітки
Індекс візуальної життєздатності	Висока	Середня	Низька	Візуальна оцінка загального стану дерев
Водний потенціал листя (полудень)	МПа = -1,5 (знижений)	МПа = -1,0 (нормальний)	МПа = -2,0 (знижений)	Визначення водного балансу дерев в середині дня
Флуоресценція хлорофілу кори гілок	0,15 (висока активність)	0,12 (середня активність)	0,10 (низька активність)	Показник фотосинтетичної активності
Водний потенціал листя (до світанку)	МПа = -1,2 (нормальний)	МПа = -0,9 (нормальний)	МПа = -1,5 (знижений)	Визначення нічного водного потенціалу дерев
Зв'язок між індексом життєздатності та водним потенціалом (полудень)	Позитивний (p < 0,001, r ² = 0,462)	Позитивний (p < 0,001, r ² = 0,460)	Позитивний (p < 0,001, r ² = 0,480)	Індекс життєздатності позитивно корелює з водним потенціалом
Зв'язок між флуоресценцією хлорофілу та водним потенціалом (до світанку)	Позитивний (p < 0,001, r ² = 0,454)	Позитивний (p < 0,001, r ² = 0,470)	Позитивний (p < 0,001, r ² = 0,480)	Флуоресценція кори позитивно корелює з водним потенціалом до світанку

Ця таблиця ілюструє, як різні індекси життєвого стану, такі як візуальна оцінка життєздатності, водний потенціал і флуоресценція хлорофілу, можна застосовувати для моніторингу здоров'я міських насаджень, зокрема для липи серцелистої, дуба звичайного та тополі чорної.

Результати оцінки стану міських насаджень ґрунтуються на використанні індексів життєвого стану, таких як флуоресценція хлорофілу та водний потенціал листя. Було встановлено, що не для всіх дерев існує статистично значуща залежність між передсвітанковими водними потенціалами та показниками флуоресценції.

Загальні оцінки дерев варіювалися в межах від 6 до 16, що відповідає середньому та високому рівням візуальної життєздатності. Однак близько 15% дерев отримали значення індексу 10 або нижче, що свідчить про їхній низький життєвий стан. Такі дерева потребують додаткового догляду або заміни.

Аналіз отриманих даних виявив, що життєвий стан дерев значною мірою залежить від умов довкілля. У парках із високим рівнем антропогенного навантаження (наприклад, поблизу промислових зон або транспортних розв'язок) частка дерев із низьким індексом життєвого стану була на 25% вищою порівняно з зонами з помірним навантаженням.

Загальний стан дерев оцінюється як задовільний, причому значна частина насаджень перебуває у доброму стані. Це може бути пов'язано з високою стійкістю багатьох видів, які використовуються для міського озеленення, зокрема до несприятливих умов середовища та забруднення повітря. До категорії здорових рослин було віднесено 21,2% обстежених дерев. Серед них переважають липи, які отримують належний догляд, а також робінії, тополі чорні та верби вавилонські.

Більшість дерев (60,9%) мають незначні пошкодження, які оцінено у 2 бали за відповідною шкалою. До цієї групи входять переважно в'язи, клени ясенелисті, катальпи бігніонієвидні, ясени ланцетні та тополі Болле. Це свідчить про необхідність подальшого моніторингу і своєчасного догляду для збереження їхнього життєвого стану.

Життєвий стан дендрофлори придорожніх насаджень, бал

Вид	Життєвий стан					
	Здорові, шт.	Пошкоджені, шт.	Сильно пошкоджені, шт.	Відмираючі, шт.	Сухостій, шт.	Всього
м. Київ						
Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i>)	120	70	30	15	5	240
Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i>)	90	50	20	10	5	175
Тополя чорна (<i>Populus nigra</i>)	100	60	25	20	10	215
м. Полтава						
Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i>)	80	50	20	15	10	175
Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i>)	60	40	25	10	5	140
Тополя чорна (<i>Populus nigra</i>)	70	55	30	20	15	190
м. Львів						
Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i>)	150	80	25	10	5	270
Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i>)	100	60	20	15	5	200
Тополя чорна (<i>Populus nigra</i>)	120	70	25	15	10	240

Аналіз життєвого стану придорожніх насаджень у Києві, Полтаві та Львові показав, що загальний стан дерев відрізняється залежно від міста. У Києві найбільша кількість здорових дерев спостерігається серед лип серцелистих (*Tilia cordata*) – 120 екземплярів, тоді як дуб звичайний (*Quercus robur*) і тополя чорна (*Populus nigra*) мають трохи менше здорових дерев (90 і 100 відповідно). У Полтаві ситуація трохи гірша, де кількість здорових дерев для кожного виду є меншою: липи – 80, дуби – 60, тополі – 70. Львів має найкращий стан насаджень, де кількість здорових дерев є найвищою серед усіх міст, особливо для липи серцелистої (150 екземплярів) і тополі чорної (120 екземплярів).

Щодо пошкоджених дерев, їх найбільша частка у Полтаві. Наприклад, для тополі чорної в Полтаві зафіксовано 55 пошкоджених дерев, що є найбільшим показником серед усіх міст. У Києві та Львові кількість пошкоджених дерев для кожного виду є приблизно на одному рівні – близько 50-70 екземплярів.

Сильно пошкоджені, відмираючі та сухостійні дерева також представлені у всіх містах. Найбільша кількість сильно пошкоджених лип серцелистих спостерігається у Полтаві (20 екземплярів), тоді як у Києві та Львові цей показник є трохи нижчим. Відмираючі дерева є більш характерними для Полтави і Києва, тоді як у Львові їх частка значно менша.

Таким чином, загальний стан дерев у Львові є кращим у порівнянні з Києвом і Полтавою, що, ймовірно, пов'язано з більш сприятливими умовами для їхнього зростання та кращим доглядом. У Києві, попри значний антропогенний вплив, стан насаджень є задовільним, хоча спостерігається частка пошкоджених і відмираючих дерев. У Полтаві стан дерев вказує на необхідність посилення заходів з догляду за насадженнями для запобігання їхньому подальшому погіршенню.

Висновки. Дослідження підтвердило ефективність використання індексів життєвого стану дерев для моніторингу міських насаджень. Установлено, що індекс візуальної життєз-

датності чітко відображає рівень здоров'я дерев і дозволяє виявити насадження, які перебувають у стані стресу. Флуоресценція хлорофілу кори продемонструвала свою ефективність для оцінки життєвого стану дерев у різні сезони, включаючи періоди безлистяності.

Запропоновано комплексний підхід до оцінки життєвого стану міських дерев за допомогою індексу візуальної життєздатності та флуоресценції хлорофілу кори. Встановлено зв'язок між індексом життєздатності, водним статусом і фотосинтетичною активністю дерев, що дозволяє отримувати оперативні та точні дані про стан насаджень у міських умовах.

Наукові результати поглиблюють знання про вплив антропогенних факторів на стан міських насаджень і адаптаційні механізми дерев. Практичне значення полягає у можливості використання запропонованих методик для виявлення критично ослаблених дерев, планування заходів із догляду за зеленими зонами, зменшення впливу стресових факторів і підвищення якості міських екосистем.

Результати можуть бути впроваджені у практику муніципальних служб та екологічних організацій для регулярного моніторингу життєвого стану міських насаджень. Використання індексів життєздатності та сучасних методів оцінки, таких як флуоресценція хлорофілу кори, дозволить своєчасно реагувати на погіршення стану дерев і підтримувати екологічну рівновагу в містах.

Подальші дослідження спрямовані на адаптацію методик для інших видів дерев, розробку автоматизованих систем збору та аналізу даних, а також на оцінку впливу кліматичних змін і антропогенного навантаження на міські екосистеми. Особливу увагу варто приділити інтеграції результатів досліджень у загальні стратегії управління міськими зеленими зонами для підвищення їхньої стійкості та біорізноманіття.

На основі отриманих результатів дослідження розроблено низку пропозицій для вдосконалення управління міськими зеленими зонами Полтави. Зокрема, доцільно впровадити регулярний моніторинг стану дерев із використанням сучасних методів оцінки, оптимізувати висадку стійких до техногенного впливу деревних видів, розширювати озеленення в районах із високим рівнем антропогенного навантаження, а також покращити догляд за наявними насадженнями шляхом обрізки, лікування пошкоджень і внесення добрив. Для зменшення механічних пошкоджень варто встановлювати захисні конструкції та обмежувати рекреаційний тиск на парки. Важливими є також заходи з раціонального поливу, використання дощової води, а також адаптація озеленення до кліматичних змін. Паралельно слід популяризувати екологічну культуру серед населення, що сприятиме збереженню біорізноманіття, підвищенню якості міського середовища та забезпеченню комфортних умов для мешканців.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Оцінка видового різноманіття та життєвого стану придорожніх насаджень пр. С. Нігояна м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 1. С. 36–56.
- Гудим М. Г., Кудряченко О. П., Гринь С. О. Озеленення міських територій. Альтернативне озеленення. *Молодий вчений*. 2016. № 12. С. 33–36.
- Про зелені насадження міст та інших населених пунктів: Проект Закону України від 21.09.2018 № 9112. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JH71400A?an=3>
- Chang J., Hui Chiang C. Segmenting American and Japanese Tourists on Novelty-Seeking at Night Markets in Taiwan. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*. 2006. Vol. 11 (4). P. 391–406. URL: https://www.researchgate.net/publication/233238443_Segmenting_American_and_Japanese_Tourists_on_Noveltyseeking_at_Night_Markets_in_Taiwan
- Chen Y., Yu B., Shu B., Yang L., Wang R. Exploring the Spatiotemporal Patterns and Correlates of Urban Vitality: Temporal and Spatial Heterogeneity. *Sustainable Cities and Society*. 2023. Vol. 91. 104440. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670723000513>
- Dong L., Zhang L. Spatial Coupling Coordination Evaluation of Mixed Land Use and Urban Vitality in Major Cities in China. *International Journal of Environmental Research Public Health*. 2022. Vol. 19. 15586. URL: https://www.researchgate.net/publication/365714181_Spatial_Coupling_Coordination_Evaluation_of_Mixed_Land_Use_and_Urban_Vitality_in_Major_Cities_in_China
- Fite K. *Impacts of Root Invigoration (tm) and Its Individual Components on the Performance of Red Maple (Acer rubrum)*. Ph.D. Thesis, Clemson University, Clemson, SC, USA, 2008.

- Huang X., Jiang P., Li M., Zhao X. Applicable Framework for Evaluating Urban Vitality with Multiple-Source Data: Empirical Research of the Pearl River Delta Urban Agglomeration Using BPNN. *Land*. 2022. Vol. 11 (11). 1901. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/11/11/1901>
- Jin X., Long Y., Sun W., Lu Y., Yang X., Tang J. Evaluating Cities' Vitality and Identifying Ghost Cities in China with Emerging Geographical Data. *Cities*. 2017. Vol. 63. P. 98–109. URL: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-471f25ba-e386-3061-bc9b-35fe86e8a5ba>
- Johnstone D., Moore G., Tausz M., Nicolas M. The measurement of plant vitality in landscape trees. *Arboricultural Journal*. 2013. Vol. 35 (1). P. 18–17. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03071375.2013.783746>
- Lan F., Gong X., Da H., Wen H. How do population inflow and social infrastructure affect urban vitality? Evidence from 35 large- and medium-sized cities in China. *Cities*. 2020. Vol. 100. 102454. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275119300551>
- May P., Livesley S., Shears I. Managing and monitoring tree health and soil water status during extreme drought in Melbourne, Victoria. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2013. Vol. 39 (3). P. 136–145. URL: <https://auf.isa-arbor.com/content/isa/39/3/136.full.pdf>
- Wang T., Li Y., Li H., Chen S., Li H., Zhang Y. Research on the Vitality Evaluation of Parks and Squares in Medium-Sized Chinese Cities from the Perspective of Urban Functional Areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19 (22). 15238. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/22/15238>

USING VITALITY INDICES FOR MONITORING URBAN PLANTINGS

Vlasenko N.

Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University

Green spaces in city parks not only significantly improve the quality of the urban environment, but also contribute to social interactions, making them an important factor in urban vitality, especially in densely populated and ecologically stressed metropolises. In conditions of growing anthropogenic load on urban ecosystems, especially in large industrial cities, green spaces perform critically important ecological functions. They help reduce air pollution from industrial and vehicular emissions, regulate temperature, increase air humidity, and reduce wind speed, noise pollution, and other negative effects of urbanization. In this context, studying the species composition and vitality of trees becomes essential for monitoring and effective management of urban plantings.

Special attention should be given to create a green space database for large industrial cities like Dnipro, where ecological stress has a significant impact on the state of the urban ecosystem. Despite some existing research in this field, there remains a pressing need for systematic studies of plantings' vitality using modern methodologies, such as tree vitality indices.

Conifers are of particular interest for urban studies, as they retain their ornamental appeal year-round and exhibit high phytocidal activity, making them vital components in combating air pollution. Monitoring the vitality status of coniferous plantings will not only ensure their preservation but also optimize approaches to their use in urban landscaping, thereby enhancing the ecological stability of urban environments.

Key words: green spaces, vitality indices, urbanization, urban ecosystem, anthropogenic impact, green space monitoring.

REFERENCES

- Bessonova, V. P., & Ivanchenko, O. Ye. (2019). Otsinka vydovoho riznomanittia ta zhyttievoho stanu prydorozhnikh nasadzen pr. S. Nihoiana m. Dnipro [Assessment of species diversity and vital status of roadside plantations on S. Nigoyan Avenue in Dnipro]. *Pytannya bioindikatsiyi ta ekolohiyi* [Issues of bioindication and ecology], 24 (1), 36-56. [in Ukrainian].
- Chang, J., & Hui Chiang, C. (2006). Segmenting American and Japanese Tourists on Novelty-Seeking at Night Markets in Taiwan. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 11 (4), 391-406.
- Chen, Y., Yu, B., Shu, B., Yang, L., & Wang, R. (2023). Exploring the Spatiotemporal Patterns and Correlates of Urban Vitality: Temporal and Spatial Heterogeneity. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104440.
- Dong, L., & Zhang, L. (2022). Spatial Coupling Coordination Evaluation of Mixed Land Use and Urban Vitality in Major Cities in China. *International Journal of Environmental Research Public Health*, 19, 15586.
- Fite, K. (2008). *Impacts of Root Invigoration (tm) and Its Individual Components on the Performance of Red Maple (Acer rubrum)*. Ph.D. Thesis, Clemson University, Clemson, SC, USA.
- Huang, X., Jiang, P., Li, M., & Zhao, X. (2022). Applicable Framework for Evaluating Urban Vitality with Multiple-Source Data: Empirical Research of the Pearl River Delta Urban Agglomeration Using BPNN. *Land*, 11 (11), 1901.
- Hudym, M. H., Kudriachenko, O. P., & Hryn, S. O. (2016). Ozelenennia miskykh terytoriy: Alternatyvne ozelenennia [Greening of urban areas. Alternative landscaping]. *Molodyi vchenyi* [Young scientist], 12, 33-36. [in Ukrainian].
- Jin, X., Long, Y., Sun, W., Lu, Y., Yang, X., & Tang, J. (2017). Evaluating Cities' Vitality and Identifying Ghost Cities in China with Emerging Geographical Data. *Cities*, 63, 98-109.
- Johnstone, D., Moore, G., Tausz, M., & Nicolas M. (2013). The measurement of plant vitality in landscape trees. *Arboricultural Journal*, 35 (1), 18-17.

- Lan, F., Gong, X., Da, H., & Wen, H. (2020). How do population inflow and social infrastructure affect urban vitality? Evidence from 35 large- and medium-sized cities in China. *Cities*, 100, 102454.
- May, P., Livesley, S., & Shears, I. (2013). Managing and monitoring tree health and soil water status during extreme drought in Melbourne, Victoria. *Arboriculture & Urban Forestry*, 39 (3), 136-145.
- Pro zeleni nasadzhennia mist ta inshykh naselenykh punktiv* [On green spaces in cities and other settlements]: Proekt Zakonu Ukrainy No 9112. (2018). [in Ukrainian].
- Wang, T., Li, Y., Li, H., Chen, S., Li, H., & Zhang, Y. (2022). Research on the Vitality Evaluation of Parks and Squares in Medium-Sized Chinese Cities from the Perspective of Urban Functional Areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (22), 15238.