

О. О. Дідур¹✉, І. А. Іванько¹, К. К. Голобородько¹, В. В. Кацевич²,
Х. В. Стрепетова², Ю. І. Грицан²

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010

²Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Сергія Єфремова, 25а, м. Дніпро, Україна, 49000

ОЦІНКА БУФЕРНОЇ ЗДАТНОСТІ ҐРУНТІВ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ПАРКІВ МЕГАПОЛІСУ

Висвітлено, що деградація земель становить серйозну загрозу продовольчій безпеці, стійкості засобів до існування, екосистемним послугам і збереженню біорізноманіття, а неефективне управління земельними ресурсами призводить до повсюдної втрати біологічної різноманітності ґрунтів. Буферна здатність ґрунту бере активну участь у механізмах реалізації такого екосистемного сервісу, як формування та стабілізація родючості ґрунту. Буферність визначає ту частину потенціалу ґрунту, яка зумовлює процеси іммобілізації (депонування) та мобілізації (вивільнення, втрата) того чи іншого елемента родючості – насамперед елементів мінерального живлення рослин, продуктивної вологи, теплової енергії ґрунту, газового складу ґрунтового повітря, кислотності. Ґрунти парків на території мегаполісів – невід’ємний їхній компонент, який зумовлює умови зростання та розвитку зелених насаджень. З метою оцінки кислотно-основної (рН) буферної здатності урбаноземів паркової зони з деревними насадженнями таких інтродукованих деревних видів, як гірकोкаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*), клен цукристий (*Acer saccharum*), в’яз низький (*Ulmus pumila*), каркас західний (*Celtis occidentalis*), гледичія колюча (*Gleditsia triacanthos* і софора японська (*Styphnolobium japonicum*), що зростають на території парку ім. Т. Г. Шевченка (м. Дніпро, Україна), було зібрано зразки ґрунтів під кронами цих дерев. Кислотно-основну буферну здатність урбаноземів визначали методом Арреніуса, який полягає у додаванні певних об’ємів кислотного та лужного компонентів до зразка, та оцінювали за площею буферності в кислотному та лужному інтервалі. Розрахунок площ буферності здійснювали за допомогою формули Сімпсона. Результати опрацьовано статистичними методами (обчислювали середнє арифметичне, стандартне відхилення, різницю середніх знаходили за критерієм Тьюкі). Установлено, що первісно зразки досліджуваних ґрунтів здебільшого мали слабколужну реакцію ґрунтового розчину. Визначено, що в кислотному інтервалі зовнішніх впливів буферна здатність урбаноземів під інтродукованими деревними породами утворює такий низхідний ряд: гірकोкаштан звичайний, каркас західний, в’яз низький, гледичія колюча, софора японська, клен цукристий. Такий самий ряд утворюється для загальної кислотно-основної буферної здатності. Результати свідчать, що кислотно-основна буферна ємність ґрунтів під гірकोкаштаном звичайним, каркасом західним, в’язом низьким та

✉ E-mail: didur@ua.fm

гледичією колючею виявляють свою більшу буферну здатність, а отже й стійкість до деградації, ніж ґрунти під софорою японською та кленом цукристим. Припускається середовищевірна (пертинентна) роль інтродукованих деревних видів у реалізації буферних властивостей урбаноземів парку на території мегаполісу.

Ключові слова: урбанозем, буферна здатність ґрунту, кислотно-основна буферність, потенціал елементів родючості, міський парк, мегаполіс.

**O. O. Didur¹✉, I. A. Ivanko¹, K. K. Holoborodko¹, V. V. Katsevych²,
Kh. V. Strepetova², Y. I. Grytsan²**

¹*Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine*

²*Dnipro State Agrarian and Economics University, Dnipro, Ukraine*

ASSESSMENT OF THE SOIL BUFFER CAPACITY IN THE GREEN PLANTINGS OF THE MEGALOPOLIS PARKS

Land degradation poses a serious challenge to food security, livelihood sustainability, ecosystem services and biodiversity conservation, while inefficient land management leads to widespread loss of soil biodiversity. The soil buffer capacity is actively involved in the mechanisms of implementing such an ecosystem service as the development and stabilization of soil fertility. Buffering determines the share of the soil potential that determines the processes of immobilization (deposition) and mobilization (release, loss) of a particular element of fertility – first of all, mineral nutrients required by plants, productive moisture, thermal energy of the soil, gas composition of soil air, acidity. The soils in parks on the territory of megacities are an integral component of them determining the conditions for the growth and development of green spaces. We assessed the acid-base (pH) buffer capacity of urban areas in a park area covered with tree stands of such introduced tree species as horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*), sugar maple (*Acer saccharum*), small-leaved elm (*Ulmus parvifolia*), common hackberry (*Celtis occidentalis*), honey locust (*Gleditsia triacanthos*) and Japanese pagoda tree (*Styphnolobium japonicum*) growing on the territory of the T. G. Shevchenko Park (Dnipro city, Ukraine). Soil samples were collected under the crowns of these tree species. The acid-base buffering capacity of urban soils was determined by the Arrhenius method, which includes adding certain volumes of acid and alkaline components to the sample, and further calculating the buffering area within acid and base intervals. Buffering areas were calculated using the Simpson formula. The results were processed with statistical methods (arithmetic mean and standard deviation were calculated, and the difference in means was found according to the Tukey's comparison test). Initially the samples of the studied soils were found to have mostly a slightly alkaline reaction of the soil solution. Within the acid range of external influences, the buffer capacity of urban soils under introduced tree species was determined to establish the following descending series: horse chestnut, common hackberry, small-leaved elm, honey locust, Japanese pagoda tree, sugar maple. The same series was established for the total acid-base buffering capacity. The results show the greater acid-base buffer capacity of soils sampled under horse chestnut, common hackberry, small-leaved elm and honey locust trees, and therefore these soils were resistant to degradation compared to the soils sampled under Japanese pagoda tree and sweet maple. The environment-forming role of introduced

tree species in the implementation of buffer properties of urban soils in the park on the megalopolis territory can be assumed.

Key words: urban soil, soil buffering capacity, acid-base buffering, potential of fertility elements, city park, megalopolis.

Вступ

Відомо, що спустелення (і посуха) має сучасні глобальні масштаби, оскільки стосується всіх регіонів світу [12]. Результатом цього явища є деградація земель, в результаті чого родючі землі перетворюються в посушливі пустелі. Така деградація має кілька причин: суворі погодні умови, особливо посуха; діяльність людини [6], яка призводить до забруднення ґрунту [19]; землекористування [7], що негативно впливає на виробництво продуктів харчування, зменшуючи продукцію біомаси та рослинного покриву [26]. Деградація земель прискорила протягом двадцятого століття через зростаючі темпи сільськогосподарського виробництва та тваринництва (надмірний випас худоби та перетворення лісів), урбанізацію, вирубку лісів та екстремальні погодні явища, такі як посуха та берегова ерозія, які спричиняють засолення ґрунту [16, 21]. Отже, погіршення якості земель – це зниження (або збиток) біологічної та економічної ефективності та участі богарного вирощування, зрошуваного вирощування, або пасовищ, лісів і лісових угідь, що пов'язано з ерозією ґрунту, зниженням фізичних, хімічних, біологічних або економічних активів ґрунту, та тривалою втратою біологічного різноманіття (насамперед, природної рослинності та тваринних видів).

Одним із дійових механізмів, що оптимізують екологічну обстановку великих населених пунктів (міст) та запобігають явищам спустелення, є створення та функціонування парків, зокрема паркових зелених насаджень [25], так званого «зеленого каркасу» урбоекосистеми [31]. Розвиток мережі зелених насаджень є найбільш перспективним напрямом в оздоровленні міст [5, 23]. Парки як специфічний тип міського простору мають велике рекреаційне значення [15, 23]. Як великі масиви рослинності парки виконують мікрокліматичну, санітарно-гігієнічну функцію, мають ландшафтно-архітектурну та естетичну значущість [8, 10, 11, 23, 32], підвищуючи якість та комфортність середовища для міських жителів, які у повсякденному житті віддалені від природи [30].

На переважній частині мегаполісів виникли специфічні ґрунтоподібні тіла – урбоґрунти та урбаноземі, які відрізняються від природних ґрунтів за структурою і властивостями, функціями [2, 4]. Ґрунт як невід'ємний елемент паркових зон на території урбосистем обумовлює умови росту й розвитку зелених насаджень у мегаполісах [17, 24, 27] і реалізує такі екологічні функції, як здатність забезпечувати рослини елементами живлення, водою, їх кореневі системи – достатньою кількістю повітря, тепла і сприятливим фізико-хімічним середовищем для нормального росту й розвитку (родючість), а також здатність сорбувати в своїй товщі забруднювальні речовини й утримувати їх від проникнення в ґрунтові води (буферна здатність відносно важких металів). До екологічно негативних наслідків, які зазнає ґрунт у межах урбанізованої території, можна віднести порушення його профілю, ущільнення кореневого шару та обмеження об'єму розвитку кореневої системи рослин, виснаження на живильні речовини, гумус, мікроелементи, забруднення важкими металами та іншими токсикантами, зміна кислотності та лужності, скорочення різноманіття ґрунтової мікрофлори та

грунтових безхребетних [1]. У сукупності ці чинники знижують продуктивність та стійкість зелених насаджень паркових територій. Тому для території мегаполісів, особливо для їх паркових зон, виникає гостра потреба створення умов для відновлення, відтворення й оптимізації як екологічних властивостей ґрунту, так і деревних насаджень у цілому.

Можливою екологічною оцінкою якості ґрунту може слугувати його буферна здатність [17]. У широкому сенсі буферна здатність характеризує енергетичний потенціал ґрунту, що зумовлює мобілізацію (вивільнення) та іммобілізацію (депонування) того чи іншого елемента родючості [3]. Частіше під буферністю розуміють здатність ґрунту протистояти змінам його актуальної реакції під впливом різних факторів. Це так звана кислотно-основна буферність, або рН-буферність [3, 22]. Отже, визначення та оцінка одного з потенціалів родючості ґрунту – буферної здатності ґрунтів рекреаційних зон на території мегаполісів на прикладі міських парків являє науковий і практичний інтерес. Мета дослідження – з'ясувати діапазон кислотно-основної буферної здатності урбанозему на ділянках з різними насадженнями інтродукованих деревних порід у межах паркової зони на території м. Дніпро.

Матеріали та методи дослідження

Польовий матеріал відібрано протягом 2023 року на території міського парку ім. Т. Г. Шевченка, який розташований на правому березі м. Дніпро (N 48°27'46" E 35°04'21"). Місто Дніпро – великий промисловий центр, розташований у степовій зоні, яка охоплює 40 % загальної території України [13] і за своїм розміщенням у фізико-географічному плані відповідає підзоні різнотравно-кострицево-ковилових степів [5]. Парк Шевченка – один із головних садово-паркових комплексів міста, який належить до об'єктів природно-заповідного фонду та є парком-пам'яткою садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення. Нараховує біля 8 тис. дерев та понад 2 тис. чагарників. Склад деревно-чагарникового комплексу представлений понад 70 видами. Площа парку разом із Монастирським островом становить 45 га. Має берегову та острівну частини. На основі проведених рекогнісційних ґрунтово-геоботанічних досліджень встановлено, що ґрунтовий покрив парку належить до категорії глибоко антропогенно-перетворених ґрунтів – урбаноземів. Ґрунти парку є потенційно лісопридатними для зростання деревно-чагарникової рослинності. У межах парку наявні сформовані газони, квітники виконують своє функціональне призначення.

Для з'ясування рН-буферної здатності ґрунтів паркової зони зразки ґрунту були зібрані з глибини 0–20 см під кронами таких інтродукованих листяно-декоративних деревних рослин, як гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.), клен цукристий (*Acer saccharum* Marshall), в'яз низький (*Ulmus pumila* L.), каркас західний (*Celtis occidentalis* L.), гледичія колюча (*Gleditsia triacanthos* L.), софора японська (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott). Визначення кислотно-основної буферності ґрунтів засновано на встановленні зміни величини рН унаслідок додавання до них слабких розчинів кислот або лугів [28]. Для визначення буферної здатності ґрунту застосовано метод Арреніуса [3, 29]. Криві буферності були одержані шляхом відповідного додавання серії об'ємів стандартизованого кислого (HCl, 0,1 М дм⁻³) та лужного компонента (NaOH, 0,1 М дм⁻³) [20] у попередньо суспендовані в деіонізованій воді ґрунтові зразки. Загальна кількість розчину, тобто вода та кислий

компонент або вода та луг, було постійним. Такі самі процедури проводили з безбуферним субстратом – чистим прожареним піском. Кислотність розчинів (рН водний) вимірювали після ресуспендування зразків протягом 1 години.

За результатами вимірювань величини актуальної кислотності будували графік, на якому за абсцисою вказували концентрацію кислотного (або лужного) компонента, а за ординатою відповідні їм значення рН. Отримані криві графіки дозволяють оцінити буферність досліджених ґрунтів за площею буферності в області кислотного та лужного інтервалів зовнішнього впливу. Її визначали як площу між кривою титрування дослідного зразка та безбуферного стандарту та виражали в умовних квадратних сантиметрах. Для розрахунку площ буферності використовували метод чисельного інтегрування. Завдання вирішували за допомогою формули Сімпсона [9, 14]. Вимірювання рН безбуферного субстрату (прожареного піску) і зразків ґрунту проводили у п'ятикратній повторності. Експериментальні дані опрацьовані статистично. Розраховували середнє арифметичне, його стандартне відхилення. Середні порівнювали за статистичним тестом Тьюкі.

Результати та їх обговорення

Зразки досліджуваних ґрунтів здебільшого первісно (до додавання кислотного або лужного компонентів) мали слабколужну реакцію ґрунтового розчину (табл. 1).

Таблиця 1

Результати вимірювань актуальної кислотності зразків урбанозему, відібраних під кронами інтродукованих дерев (парк ім. Т. Г. Шевченка)

Гіркокаштан звичайний	Клен цукристий	В'яз низький	Каркас західний	Гледичія колюча	Софора японська
7,82 ± 0,10	7,41 ± 0,19	7,9 ± 0,05	7,76 ± 0,11	7,43 ± 0,10	7,32 ± 0,06

Візуалізуємо криві буферності в кислотному діапазоні для зразків урбанозему (верхній гумусований шар), відібраних на території міського парку ім. Т. Г. Шевченка в деревних насадженнях інтродукованих видів, та для безбуферного субстрату, що відображають залежність зміни водневого показника рН ґрунтової суспензії від кількості доданого кислого компонента (рис. 1). Розташування кривих буферності досліджуваних зразків у цьому діапазоні свідчить про те, що площа буферності для ґрунту під кленом цукристим та софорою менша, ніж площа буферності верхнього гумусованого шару ґрунту парку під іншими дослідженими видами дерев.

На основі одержаних результатів візуалізуємо криві буферності в лужному діапазоні для зразків урбанозему (верхній гумусований шар), відібраних на території міського парку ім. Т. Г. Шевченка в деревних насадженнях інтродукованих видів, та для безбуферного субстрату (рис. 2). Розташування кривих титрування досліджуваних зразків свідчить про те, що площа буферності для ґрунту під каркасом західним менша, порівняно з іншими дослідженими видами дерев.

У табл. 2 наведено статистичну оцінку площ буферності паркового урбанозему (верхній гумусований шар) для кислотного та лужного інтервалів зовнішнього впливу. Сумарна площа буферності зразків ґрунту, відібраних під

гіркокаштаном, статистично достовірно більша, ніж загальна площа буферності верхнього гумусованого шару урбанозему під іншими деревними видами.

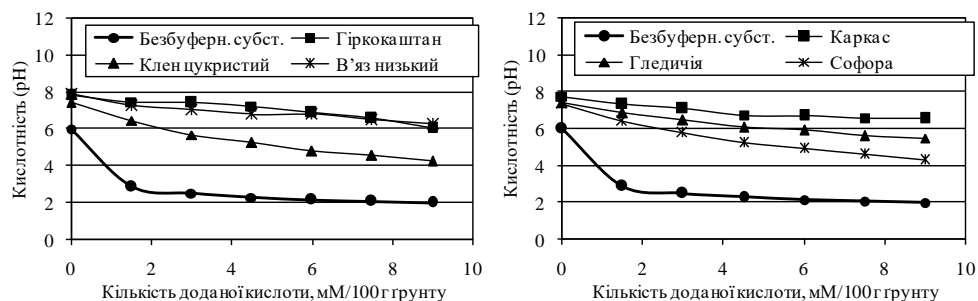


Рис. 1. Криві буферності (кислотний інтервал) для зразків урбанозему (верхній гумусований шар), відібраних на території парку під насадженнями інтродукованих дерев, та безбуферного субстрату

У наших дослідях установлено, що кислотно-лужна (сумарна) площа буферності ґрунтів під різними видами дерев змінюється в широкому діапазоні і збільшується від мінімальних значень ($38,95 \pm 1,04$ та $39,02 \pm 0,77$ ум. см² відповідно ґрунт під кленом цукристим і софорою японською) до більш високого ($53,29 \pm 1,08$ ум. см² ґрунт під гіркокаштаном) в 1,37 разу, або на 37,0 %.

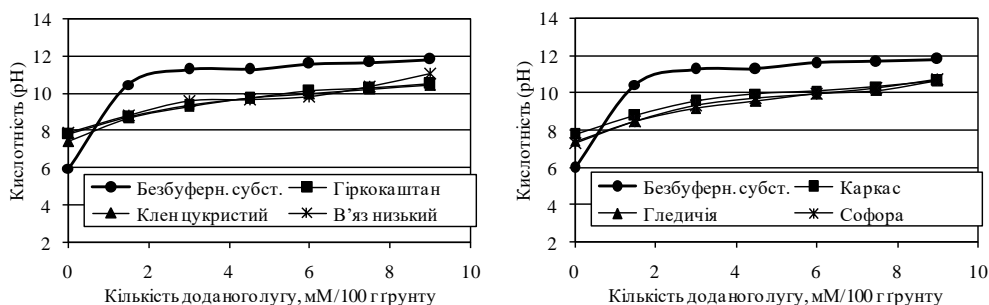


Рис. 2. Криві буферності (лужне плече) для зразків урбанозему (верхній гумусований шар), відібраних на території парку під насадженнями інтродукованих дерев, та безбуферного субстрату

З'ясовано, що в кислотному інтервалі зовнішніх впливів буферна здатність урбаноземів під інтродукованими деревними породами утворює такий нисхідний ряд: гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*) → каркас західний (*Celtis occidentalis*), в'яз низький (*Ulmus pumila*) → гледичія колюча (*Gleditsia triacanthos*) → софора японська (*Styphnolobium japonicum*), клен цукристий (*Acer saccharum*). Такий самий ряд утворюється для загальної кислотно-основної буферної здатності. В лужному інтервалі зовнішніх впливів кислотно-основна буферна здатність урбаноземів має вигляд (нисхідний ряд): гледичія колюча (*Gleditsia triacanthos*) → софора японська (*Styphnolobium japonicum*), клен цукристий (*Acer saccharum*) → гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*), в'яз низький (*Ulmus pumila*) → каркас західний (*Celtis occidentalis*).

Таблиця 2

Статистична оцінка показників буферної здатності ґрунту (верхній гумусований шар) під впливом деревних насаджень інтродукованих рослин на території міського парку ім. Т. Г. Шевченка ($x \pm SD$, $n = 5$)

Деревний вид	Площа буферності (ум. см ²) в інтервалі зовнішнього впливу		
	кислотний	лужний	кислотно-лужний (сумарний)
Гіркокаштан звичайний (Aesculus hippocastanum L.)	40,72 ± 0,76 ^a	12,57 ± 0,38 ^{abc}	53,29 ± 1,08 ^a
Клен цукристий (Acer saccharum Marshall)	25,74 ± 0,60 ^b	13,21 ± 1,20 ^{bc}	38,95 ± 1,04 ^b
В'яз низький (Ulmus pumila L.)	39,04 ± 0,34 ^c	12,05 ± 0,57 ^{ab}	51,08 ± 0,90 ^c
Каркас західний (Celtis occidentalis L.)	39,16 ± 0,45 ^c	11,42 ± 0,94 ^a	50,57 ± 0,67 ^c
Гледичія колюча (Gleditsia triacanthos L.)	32,88 ± 0,29 ^d	14,08 ± 0,54 ^c	46,96 ± 0,77 ^d
Софора японська (Styphnolobium japonicum (L.) Schott)	25,87 ± 0,46 ^b	13,15 ± 0,79 ^{bc}	39,02 ± 0,77 ^b

Примітка. Різними буквами у стовпчику позначено наявність достовірної різниці середніх порівнюваної пари (за критерієм Тьюкі, $p < 0,05$).

Підсумовуючи вищенаведене зазначимо, що буферна здатність ґрунту є такою властивістю ґрунту, яка визначає здатність ґрунту чинити опір зовнішнім впливам, особливо змінам кислотності (pH), і таким чином потенційно створювати оптимальні умови для життя рослин і мікроорганізмів у ґрунті. Так, Dvořáčková et al. [18] розглядає буферну здатність ґрунту важливим показником якості ґрунту, оскільки вона пов'язана із загальним станом ґрунтової екосистеми та іншими властивостями ґрунту і в цілому сприяє підтримці здоров'я та якості ґрунту. Yang et al. [33] показано, що підкислення ґрунту є серйозною екологічною світовою проблемою, а рН-буферну здатність ґрунту можна розглядати як внутрішній механізм, що обумовлює швидкість підкислення ґрунту, на який інтенсивно впливають антропогенні та природні умови. Цим колективом науковців з'ясовано залежність рівня буферної здатності від типу землекористування та встановлено, що лісові ґрунти мають значно вищу буферну здатність, ніж сільськогосподарські ґрунти. Тобто виявлено позитивний вклад деревних насаджень у формування буферної здатності лісових ґрунтів. Такий факт дозволяє припустити активну участь деревних рослин у формуванні буферної здатності ґрунту досліджених паркових насаджень.

Висновки

У процесі вивчення буферної здатності урбаноземів у деревних насадженнях інтродукованих видів на території парку ім. Т. Г. Шевченка в умовах мегаполісу (м. Дніпро) встановлено, що такі ґрунти мають загальну кислотно-основну буферну здатність, яка може збільшуватися в 1,37 разу (від

мінімального значення) залежно від властивостей самого ґрунту та породного складу інтродуцентів. Результати проведеного нами експерименту свідчать, що кислотно-основна буферна ємність ґрунтів під гіркокаштаном звичайним, каркасом західним, в'язом низьким та гледичією колючою виявляють свою більшу буферну здатність, а отже й стійкість до деградації, ніж ґрунти під софорою японською та кленом цукристим.

Бібліографічні посилання

1. *Дідур О. О., Кульбачко Ю. Л., Кришень М. І.* Зоогенні тенденції буферної здатності ґрунту як складова екологічної реабілітації урбоґрунту в межах паркової зони мегаполісу. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2017. Т. 46. С. 58–75.
2. *Мірзак О. В.* Досвід дослідження ґрунтів великих промислових центрів степової зони (на прикладі м. Дніпропетровська). Ґрунтознавство. 2001. Т. 1, № 1-2. С. 87–92.
3. *Трускавецький Р. С.* Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. Харків: Нове слово, 2003. 225 с.
4. *Хохрякова А. І.* Ґрунти міст: особливості генезису, класифікації та діагностики. Вісник Одеського національного університету. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2016. Т. 21, вип. 1. С. 110–125.
5. [Шамрай М. В., Дідур О. О.](#) Біотична гомогенізація дендрофлори в умовах мегаполісу (м. Дніпро, Україна). Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія». 2022. Вип. 27. С. 80–93.
6. [AbdelRahman, M. A. E., & Arafat, S. M.](#) (2020). An approach of agricultural courses for soil conservation based on crop soil suitability using geomatics. *Earth Systems and Environment*, 4, 273–285.
7. [AbdelRahman, M. A. E., Metwaly, M. M., Afifi, A.A., D'Antonio, P., & Scopa, A.](#) (2022). Assessment of soil fertility status under soil degradation rate using geomatics in West Nile delta. *Land*, 11(8), 1256.
8. [Annerstedt, M., Östergren, P. O., Björk, J., Grahn, P., Skärbäck, E., & Währborg, G.](#) (2012). Green qualities in the neighbourhood and mental health: results from a longitudinal cohort study in Southern Sweden. *BMC Public Health*, 12, 337.
9. *Atkinson, K. E.* (1989). *An Introduction to Numerical Analysis* (2nd ed.). Wiley, New York, 1989.
10. [Bertram, C., & Rehdanz, K.](#) (2015). The role of urban green space for human well-being. *Ecological Economics*, 120, 139–152.
11. [Breuste, J., & Rahimi, A.](#) (2015). Many public urban parks, but who profits from them? The example of Tabriz, Iran. *Ecological Processes*, 4(1), 6.
12. [Briassoulis, H.](#) (2019). Combating land degradation and desertification: the land-use planning quandary. *Land*, 8, 27.
13. [Brygadyrenko, V. V.](#) (2015). Community structure of litter invertebrates of forest belt ecosystems in the Ukrainian Steppe Zone. *International Journal of Environmental Research*, 9(4), 1183–1192.
14. *Chapra, S. C.* (2012). *Applied numerical methods with MATLAB® for engineers and scientists*. 3rd ed. McGraw-Hill, New York. 653 p.
15. [Cornelis, J., & Hermy, M.](#) (2004). Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and Urban Planning*, 69(4), 385–401.
16. [Delang, C. O.](#) (2018). The consequences of soil degradation in China: a review. *GeoScape*, 12(2), 92–103.

17. [Didur, O., Kulbachko, Y., Ovchynnykova, Y., Pokhlyenko, A., & Lykholat T. \(2019\). Zoogenic mechanisms of ecological rehabilitation of urban soils of the park zone of megapolis: earthworms and soil buffer capacity. Journal of Environmental Research, Engineering and Management, 75\(1\), 24–33.](#)
18. [Dvořáčková, H., Dvořáček, J., Hueso González, P., & Vlček, V. \(2022\). Effect of different soil amendments on soil buffering capacity. PloS one, 17\(2\), e0263456.](#)
19. [El-Rawy M., Mohamed A. E., Esam Ismail \(2020\). Integrated use of pollution indices and geomatics to assess soil contamination and identify soil pollution source in El-Minia Governorate, Upper Egypt. Journal of Engineering Science and Technology, 15\(4\), 2223–2238](#)
20. [Huang, P., Zhang, J.-bao, Zhu, A.-ning & Zhang, & C.-zhi \(2009\). Acid and alkali buffer capacity of typical fluvior-aquic soil in Huang-Huai-Hai Plain. Agricultural Sciences in China, 8\(11\), 1378–1383.](#)
21. [Janečková Molnárová, K., Sklenička, P., Bohnet, I.C., Lowther-Harris, F., van den Brink, A., Movahhed Moghaddam, S., Fanta, V., Zástěra, V., & Azadi, H. \(2023\). Impacts of land consolidation on land degradation: a systematic review. Journal of Environmental Management, 329, 117026.](#)
22. [Kissel, D. E., Sonon, L. S., & Cabrera, M. L. \(2012\). Rapid measurement of soil pH buffering capacity. Soil Science Society of America Journal, 76\(2\), 694–699.](#)
23. [Kunakh, O. M., Ivanko, I. A., Holoborodko, K. K., Lisovets, O. I., Volkova, A. M., Nikolaieva, V. V., & Zhukov, O. V. \(2022\). Modeling the spatial variation of urban park ecological properties using remote sensing data. Biosystems Diversity, 30\(3\), 213–225.](#)
24. [Li X-hong, Wang W, Wang J, Cao Xue-li, Wang X-fei, Liu J-chang, Liu X-fen, Xu X-bai, & Jiang X-ning \(2008\). Contamination of soils with organochlorine pesticides in urban parks in Beijing, China. Chemosphere, 70\(9\), 1660–1668.](#)
25. [Liu, W., Li, H., Xu, H., Zhang, X., & Xie, Y. \(2023\). Spatiotemporal distribution and driving factors of regional green spaces during rapid urbanization in Nanjing metropolitan area, China. Ecological Indicators, 148, 110058.](#)
26. [Masoudi, M., Jokar, P., & Pradhan, B. \(2018\). A new approach for land degradation and desertification assessment using geospatial techniques. Natural Hazards and Earth System Sciences, 18, 1133–1140.](#)
27. [Morel, J. L., Chenu, C., & Lorenz, K. \(2015\). Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas \(SUITMAs\). Journal of Soils and Sediments, 15\(8\), 1659–1666.](#)
28. [Nelson, P. N., & Su, N. \(2010\). Soil pH buffering capacity: a descriptive function and its application to some acidic tropical soils. Australian Journal of Soil Research, 48\(3\), 201–207.](#)
29. [Raczuk, J., & Deska, J. \(2012\). Buffer properties of forest soils in selected protected areas. Ecological Chemistry and Engineering. A, 19\(3\), 231–237.](#)
30. [Rosso, F., Pioppi, B., & Pisello, A. L. \(2022\). Pocket parks for human-centered urban climate change resilience: Microclimate field tests and multi-domain comfort analysis through portable sensing techniques and citizens' science. Energy and Buildings, 260, 111918.](#)
31. [Solecki, W. D., & Welch, J. M. \(1995\). Urban parks: green spaces or green walls? Landscape and Urban Planning, 32\(2\), 93–106.](#)

32. [Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K., & de Vries, S. \(2005\). Benefits and uses of urban forests and trees. In: Konijnendijk, C., Nilsson K., Randrup, T., Schipperijn, J. \(eds\). Urban Forests and Trees. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 81–114.](#)

33. [Yang, J., Wei, H., Zhang, J., Shi, Z., Li, H., Ye, Y., & Abdo, A. I. \(2022\). Land use and soil type exert strongly interactive impacts on the pH buffering capacity of acidic soils in South China. Sustainability, 14, 12891.](#)

Надійшла до редколегії 15.10.2023 р.