



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№ 13
Український журнал природничих наук
№ 13

ISSN: 2786-6335 print
ISSN: 2786-6343 online

УДК 631.41:631.95:712.25 (477.44-25)
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.39>

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ЗИМОВОГО ЗАКРИТТЯ ЛУНОК НА АГРОХІМІЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ ПІД ДЕРЕВНИМИ НАСАДЖЕННЯМИ В УМОВАХ МІСТА ВІННИЦІ

А. М. Піддубна¹, М. В. Матусяк², О. І. Циганська³, С. О. Панкова⁴

Деревні насадження мають вагомe значення у процесах міського будівництва та благоустрою населених пунктів. Вони є одним із ключових засобів покращення умов життя мешканців міст, селищ і сіл. Завдяки таким насадженням поліпшується мікроклімат і підвищується естетична привабливість архітектурного середовища. Зелені зони виконують важливі функції, спрямовані на забезпечення комфортного життя населення.

У сучасному містобудуванні взаємодія між природним середовищем і міською інфраструктурою вважається фундаментом розвитку будь-якого міста – незалежно від його розмірів. Тому зелені насадження розглядаються як повноцінні структурні елементи міського простору. Вони відіграють ключову роль в організації територій, формуючи композиційні центри, зони поділу й обрамлення міських житлових масивів.

Безперечно, для забезпечення повноцінного росту та розвитку дерев необхідно створити сприятливі умови зростання, що включають не лише належний догляд, а й урахування зовнішніх чинників, зокрема техногенного впливу. Велике значення має агрохімічний стан ґрунту, який істотно залежить від застосовуваних технологій догляду, зокрема способу зимового закриття лунок. Такий підхід дозволяє зберегти вологу, зменшити ерозійні процеси, вплив негативних температур і забезпечити кращі умови для кореневої системи дерев у міському середовищі.

¹ доктор філософії з агрономії,
старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)
e-mail: piddubnaantonina@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0204-1338

² кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)
e-mail: mikhailo1988@gmail.com
ORCID: 0009-0007-0063-7713

³ кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)
e-mail: lenkatsiganskaya@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4046-1034

⁴ доктор філософії з агрономії,
старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)
e-mail: pankovavnu@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5975-5251

У статті розглянуто вплив технології зимового закриття лунок на агрохімічний стан ґрунту під деревними насадженнями. Дослідження проведено з метою оцінювання змін основних агрохімічних показників ґрунту в результаті застосування практики закриття лунок у зимовий період. Установлено, що технологія зимового закриття лунок сприяє зменшенню втрат вологи, стабілізації температурного режиму кореневої системи та збереженню родючості ґрунту. Результати досліджень показали, що використання закритих лунок у зимовий період дозволяє суттєво зменшити рівень засоленості ґрунту. Найбільш суттєве його зниження спостерігається на найбільш засолених локаціях, завдяки застосуванню закритих лунок, що на вулицях Соборній і Пирогова, рівень засоленості знизився на 75,3 та 73% відповідно.

На вулиці Замостянській, де показники засоленості були в межах норми, закриття лунки на зиму дозволило зменшити кількість солі у ґрунті на 37%, а на вулиці Порики, де рівень засоленості був низький, завдяки закриттю лунок вміст солі у ґрунті зменшився на 28,7%.

Ключові слова: пристовбурові лунки, міський ґрунт, засоленість, кислотність, озеленення, ландшафтна архітектура.

THE IMPACT OF WINTER PIT CLOSURE TECHNOLOGY ON THE AGROCHEMICAL STATE OF SOIL UNDER TREE PLANTINGS IN THE URBAN CONDITIONS OF VINNYTSIA

A. M. Piddubna, M. V. Matusiak, O. I. Tsyhanska, S. O. Pankova

Tree plantings play a significant role in urban development and the improvement of human settlements. They are one of the key tools for enhancing the living conditions of residents in cities, towns, and villages. These plantings contribute to improving the microclimate and increasing the aesthetic appeal of the architectural environment. Green zones serve essential functions aimed at ensuring a comfortable urban life.

In modern urban planning, the interaction between the natural environment and urban infrastructure is considered a fundamental aspect of a city's development, regardless of its size. Therefore, green plantings are viewed as integral structural elements of urban space. They play a crucial role in the organization of territories by forming compositional centers, separation zones, and framing residential areas.

Undoubtedly, in order to ensure the healthy growth and development of trees, it is necessary to create favorable growth conditions, which include not only proper care but also the consideration of external factors, particularly technogenic influences. The agrochemical state of the soil is of great importance and is significantly influenced by the applied maintenance technologies, especially the method of winter pit closure. This approach helps preserve soil moisture, reduce erosion processes and the impact of low temperatures, and ensures better conditions for the root systems of trees in urban environments.

This article examines the impact of winter pit closure technology on the agrochemical state of soil under tree plantings. The study was conducted to assess changes in the main agrochemical indicators of the soil as a result of applying the winter pit closure method. It was found that the winter pit closure technology helps reduce moisture loss, stabilize the temperature regime of the root system, and maintain soil fertility.

The research results showed that the use of closed pits during the winter period significantly reduces soil salinity levels. The most notable reductions were observed in the most saline locations: on Soborna Street and Pirogova Street, salinity levels decreased by 75,3 and 73%, respectively.

On Zamostianska Street, where salinity levels were within normal limits, winter pit closure allowed for a 37% reduction in soil salt content. On Poryka Street, where salinity was low, the salt content in the soil decreased by 28,7% due to the closure of pits for the winter period.

Key words: tree pits, urban soil, salinity, acidity, landscaping, landscape architecture.

Вступ

Умови міських екосистем суттєво відрізняються від сільських через високий рівень антропогенного навантаження (Шолок, 2014). Дослідження показують, що ґрунти в межах міст часто деградовані, ущільнені, мають знижений вміст органічної речовини та погіршену структуру. Під деревними насадженнями ці процеси частково ком-

пенсуються, однак ефективність залежить від застосовуваних агротехнічних заходів (Беспалько, 2022).

Зимовий період має критичне значення для збереження агрохімічного балансу ґрунту. Відкрита лунка взимку сприяє промерзанню ґрунту, вимиванню елементів живлення та втраті мікробіологічної активності. Згідно з дослідженнями, техноло-

гія зимового закриття лунок сприяє збереженню тепла, вологості, органічної речовини, а також покращує умови для весняного старту кореневої системи (Швець та ін., 2019; Зібцева і Юхновський, 2019).

Основними показниками агрохімічного стану ґрунту є вміст гумусу, азоту, фосфору, калію, рН, а також мікробіологічна активність. Вплив лісонасаджень на ці показники досліджували багато вчених, зокрема в умовах міста (Василенко та ін., 2023). Встановлено, що регулярне мульчування та захист пристовбурових кругів знижують кислотність ґрунту та сприяють накопиченню елементів живлення.

Більшість сучасних досліджень вказують на те, що міські ґрунти зазнають комплексного техногенного навантаження: забруднення важкими металами, зростання рівня засоленості через використання реагентів узимку, ущільнення через інтенсивний рух транспорту й пішоходів. Усе це погіршує аерацію та водопроникність ґрунту, змінює його кислотність, порушує біологічну активність (Вергеліс, 2021).

Особливо серйозною є проблема вторинного засолення ґрунтів, спричиненого використанням проти ожеледних матеріалів (ДСТУ 8853:2019). За даними досліджень Центру урбаністичних ґрунтів Університету Міннесоти (University ..., 2024), уже за концентрації NaCl понад 500 г/кг виникає ризик загибелі корневих систем міських дерев.

Відповідно до результатів досліджень Університету Гента (Kimpere et al., 2000), відкриті або належно оформлені пристовбурові лунки забезпечують природний дренаж і поглинання дощової води, сприяють промиванню ґрунту і зменшенню накопичення солей. Наявність лунок дозволяє уникнути «ефекту міської пустелі» – коли ущільнене асфальтове або бетонне покриття цілком блокує природний кругообіг вологості. За даними досліджень, деревні рослини в містах з облаштованими лунками мали на 25–30 більший приріст надземної маси порівняно з рослинами без лунок (Інститут ..., 2023), що безпосередньо пов'язано із кращими агрохімічними умовами в зоні кореневої системи.

Особливо ефективним є поєднання закриття лунок із використанням органічної мульчі, що не лише захищає ґрунт від засолення, але й поступово збагачує його поживними речовинами внаслідок розкладання (Лісовал, 2021).

Використання закритих лунок узимку справді може сприяти зниженню засоленості ґрунту, особливо в регіонах з підвищеним рівнем випаровування або де активно використовуються солі для боротьби з ожеледицею (Балюк і Носоненко, 2008).

Закриті лунки – це спеціальні отвори або резервуари у ґрунті, які накриваються для запобігання потраплянню опадів, снігу або солей (Grey et al., 2019). Узимку вони виконують безліч корисних функцій.

Насамперед це запобігання накопиченню солей: закриття лунок не дозволяє талому снігу, який може містити солі (наприклад, з доріг або тротуарів), проникати у ґрунт. Також збереження вологості: обмеження випаровування і збереження структури ґрунту сприяють меншій концентрації солей у верхньому шарі (Dmuchowski et al., 2013).

Закриті лунки можуть бути частиною дренажної системи, яка допомагає виводити надлишок вологості разом із розчиненими солями (Гудим та ін., 2016). Цей метод особливо корисний у сільському господарстві або садівництві для захисту чутливих до солей рослин, як-от виноград, овочі або ягідні культури.

У відкритих лунках тала вода легко просочується у ґрунт, несе за собою розчинені солі з поверхні. Закриттям лунок цей процес зменшується, тим самим знижується ризик накопичення солей у кореневій зоні рослин (Langergraber et al., 2021).

У деяких районах узимку можуть випадати опади, які вже містять домішки солей (наприклад, в умовах близькості до автомобільних трас або промислових зон). Закриті лунки допомагають ізолювати ґрунт від цього впливу, такі лунки використовуються для внесення чистої води або поживних речовин у період відлиги, коли потрібно промити солі з кореневої зони. Закриття дозволяє контролювати момент, кількість і склад вологості, що надходить у ґрунт (Борисов і Кофанов, 2018).

Матеріал і методи

Дослідження ґрунту в лунках, де ростуть дерева, проводилось протягом 2024 та 2025 рр. У його межах спочатку були взяті зразки землі у відкритій лунці. У наступний зимовий період цю ж ділянку було оголоджено, тобто сформовано закриту лунку. Весною ділянки були розкриті, а зразки ґрунту – взяті повторно. Загалом, дослідження проводили на чотирьох локаціях: вулиці Порики, вулиці Пирогова, вулиці Замостянській та вулиці Соборній.

Локальні дослідження в умовах міста Вінниці ще обмежені, однак попередні роботи демонструють потенціал застосування орієнтованих на природу технологій з догляду за деревами, зокрема закриття лунок восени, що суттєво впливає на агрофізичні властивості ґрунту.

Результати та їх обговорення

За результатами дослідження кислотності води та ґрунту залежно від способу вирощування дерев у різних локаціях міста Вінниці у 2024 р. (табл. 1) виявлено, що рН води коливається в межах від 8,5 до 9,3, що свідчить про лужне середовище, також рН ґрунтового розчину має значення від 7,4 до 8,0, тобто також переважає нейтральне або слаболужне середовище. Здебільшого закриті лунки мають вищий рН ґрунтового розчину, що свідчить про кращу буферність ґрунту та потенційно кращі умови для росту дерев. Найвищий показник кислотності ґрунту рН ґрунтового розчину 8,0 спостерігається на вулиці Порики (закрита лунка).

Отже, у результаті проведеного аналізу даних досліджень необхідно зазначити лужну реакцію водного середовища в міських умовах, що може впливати на засвоєння мікроелементів рослинами. Незначні коливання рН ґрунтового розчину вказує на буферну здатність ґрунтів, особливо в закритих лунках, де реакція є більш стабільною. Це створює сприятливі умови для зростання дерев в умовах міського середовища за умови правильного підбору видів.

Щодо рівня засоленості ґрунту (визначеної за електропровідністю в $\mu\text{S}/\text{cm}$ і концентрацією розчинених солей у ppm) у різних частинах міста Вінниці у 2024 р. залежно від способу вирощування дерев, відкрита або закрита лунка (табл. 2).

Чіткої залежності між способом вирощування та рівнем засоленості не спостерігається. У деяких випадках, як-от на вулиці Соборній і вулиці Замостянській, закриті лунки мали дещо вищі показники засоленості – 355 і 326 $\mu\text{S}/\text{cm}$ відповідно, порівняно з відкритими – 290 та 363 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Водночас на вулиці Пирогова рівень засоленості у закритій лунці 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$, перевищує аналогічний показник у відкритій – 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$, що свідчить про можливий вплив локальних умов або відмінностей у зимовому догляді.

Найнижчі значення засоленості були зафіксовані на вулиці Порики, особливо в закритих лунках – 143 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (72 ppm). Це може свідчити про кращі умови дренажу та менший вплив протиожеледних засобів у цій зоні.

Загалом, результати 2024 р. демонструють високу варіативність засоленості ґрунтів, що може бути зумовлено як погодними чинниками, так і різною інтенсивністю антропогенного навантаження в різних районах міста.

Здебільшого закриті лунки мають вищі показники засоленості порівняно з відкритими на тих самих вулицях (виняток – вулиця Замостянська).

Показники засоленості варіюють від 143 до 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$, що вказує на різну інтенсивність впливу міських чинників (зимові посилення, полив, тип ґрунту тощо).

Це вказує на їхню ефективність у зменшенні впливу негативних факторів урбанізації, зокрема потрапляння солей під час зимових обробок. Проте вплив локальних умов (гідрологія, дренаж, догляд) також суттєвий і потребує додаткового вивчення.

Дослідження, які були проведені у 2025 р., щодо кислотності води та ґрунту

Таблиця 1
Кислотність води та ґрунту залежно від способу вирощування дерев на різних локаціях міста Вінниці, 2024 р.

№	Розташування дерев, спосіб вирощування	Кислотність	
		рН води	рН ґрунтового розчину
1	вул. Соборна (відкрита лунка)	9,3	7,4
2	вул. Соборна (закрита лунка)	9,3	7,7
3	вул. Пирогова (закрита лунка)	8,7	7,4
4	вул. Пирогова (відкрита лунка)	8,7	7,6
5	вул. Замостянська (відкрита лунка)	9,2	7,8
6	вул. Замостянська (закрита лунка)	9,0	7,6
7	вул. Порики (відкрита лунка)	8,5	7,8
8	вул. Порики (закрита лунка)	8,7	8,0

Таблиця 2

Засоленість ґрунту залежно від способу вирощування дерев на різних локаціях міста Вінниці, 2024 р.

№	Розташування дерев, спосіб вирощування	Засоленість	
		$\mu\text{S}/\text{cm}$	ppm (мг/л)
1	вул. Соборна (відкрита лунка)	290	143
2	вул. Соборна (закрита лунка)	355	177
3	вул. Пирогова (закрита лунка)	410	192
4	вул. Пирогова (відкрита лунка)	290	136
5	вул. Замостянська (відкрита лунка)	363	189
6	вул. Замостянська (закрита лунка)	326	176
7	вул. Пори́ка (відкрита лунка)	158	79
8	вул. Пори́ка (закрита лунка)	143	72

Таблиця 3

Кислотність води та ґрунту залежно від способу вирощування дерев на різних локаціях міста Вінниці, 2025 р.

№	Розташування дерев, спосіб вирощування	Кислотність	
		pH води	pH ґрунтового розчину
1	вул. Соборна (відкрита лунка)	8,8	7,8
2	вул. Соборна (закрита лунка)	8,7	7,3
3	вул. Пирогова (закрита лунка)	8,6	7,7
4	вул. Пирогова (відкрита лунка)	9,0	7,7
5	вул. Замостянська (відкрита лунка)	9,1	7,4
6	вул. Замостянська (закрита лунка)	8,8	7,0
7	вул. Пори́ка (відкрита лунка)	8,9	7,8
8	вул. Пори́ка (закрита лунка)	8,8	7,8

залежно від способу вирощування дерев (табл. 3) виявили, що всі значення pH води перевищують 7,0, що свідчить про лужну реакцію. Найвищий показник pH – 9,1 – виявився на вулиці Замостянській, у відкритій лунці, а найнижчий показник pH (8,6) – на вулиці Пирогова в закритій лунці.

Тобто вся вода, яка аналізувалась, має надмірну лужність, що може впливати на доступність поживних речовин для рослин.

Щодо pH ґрунтового розчину, усі значення теж вище за 7,0, що свідчить про слабку або середню лужність ґрунту. Найвищий показник pH (7,8) у трьох випадках, на вулиці Соборній (відкрита лунка), вулиці Пори́ка (відкрита і закрита лунки), а найнижчий показник pH (7,0) на вулиці Замостянській (закрита лунка).

pH ґрунтового розчину в межах 7,0–7,8 – це допустимий рівень, але за верхніх значень може зменшуватись засвоєння мікроелементів (заліза, марганцю, бору тощо).

Якщо порівняти відкриті та закриті лунки, то можна зробити висновок, що у відкритих лунках лужність води була дещо вища, ніж у закритих, а pH ґрунтового роз-

чину в закритих лунках мав більший діапазон, зокрема найнижчий показник 7,0.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що в усіх ділянках зафіксована лужна реакція середовища як води, так і ґрунту. Відкриті лунки частіше мають вищий pH води, ніж закриті. Значення pH вказують на неідеальні умови для деяких видів дерев, які краще почуваються у слаббокислому або нейтральному середовищі (pH 6–7). Це може впливати на їхній ріст, засвоєння мінералів і загальний стан.

Таблиця 4 демонструє рівень засоленості ґрунту (у показниках електропровідності ($\mu\text{S}/\text{cm}$) і концентрації розчинених солей (ppm)) залежно від способу вирощування дерев (у відкритих і закритих лунках) у різних частинах міста Вінниці у 2025 р.

З аналізу даних видно, що загалом закриті лунки характеризувалися значно нижчим рівнем засоленості порівняно з відкритими. Найвищі значення електропровідності було зафіксовано на вулиці Соборній (відкрита лунка) – 1 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (640 ppm), що вчетверо перевищує показник для тієї ж локації у варіанті із закритою лункою (316 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Таблиця 4

Засоленість ґрунту залежно від способу вирощування дерев на різних локаціях міста Вінниці, 2025 р.

№	Розташування дерев, спосіб вирощування	Засоленість	
		$\mu\text{S}/\text{cm}$	ppm (мг/л)
1	вул. Соборна (відкрита лунка)	1 280	640
2	вул. Соборна (закрита лунка)	316	158
3	вул. Пирогова (закрита лунка)	952	476
4	вул. Пирогова (відкрита лунка)	254	127
5	вул. Замостянська (відкрита лунка)	340	170
6	вул. Замостянська (закрита лунка)	211	105
7	вул. Пори́ка (відкрита лунка)	181	91
8	вул. Пори́ка (закрита лунка)	128	64

Аналогічна тенденція спостерігається і на інших вулицях.

Найнижчий рівень засоленості відмічено на вулиці Пори́ка (закрита лунка) – 128 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (64 ppm). Отримані результати свідчать про те, що використання закритих лунок сприяє зниженню накопичення солей у пристовбуровій зоні, що є позитивним чинником для збереження родючості міського ґрунту та підтримки здоров'я деревних насаджень.

Висновки

За результатами проведених досліджень встановлено перевагу закритих лунок у зменшенні засоленості та кислотності ґрунту в міських умовах. Це є позитивним фактором, оскільки висока концентрація солей у ґрунті може негативно впливати на водопоглинання кореневої системи, спричиняти токсичність і погіршувати загальний стан деревних насаджень. Отже, застосування технологій закритих лунок може розглядатися як ефективний агротехнічний захід для покращення умов зростання дерев у міському середовищі.

Завдяки застосуванню закритих лунок на локаціях, що на вулицях Соборній і Пирогова, рівень засоленості знизився на 75,3 та 73% відповідно.

На вулиці Замостянській, де показники засоленості були в межах норми, огороження лунки на зиму дозволило зменшити кількість солі у ґрунті на 37%, а на вулиці

Пори́ка, де рівень засоленості був низький, завдяки закриттю лунок вміст солі у ґрунті зменшився на 28,7%.

Виходячи з наших досліджень, можемо зробити висновок, що ситуація є різною в різних частинах міста. Результати дослідження чітко свідчать, що застосування закритих лунок у найбільш засолених ділянках дозволяє суттєво покращити ситуацію.

В умовах стрімкої урбанізації стан міських ґрунтів набуває все більшого значення як для збереження зелених насаджень, так і для підтримки екологічного балансу міст. Одним з актуальних прийомів підтримки належного стану ґрунтів є формування та догляд за пристовбуровими лунками навколо дерев. Пристовбурові лунки не лише створюють фізичний захист кореневої зони, а й відіграють важливу роль у регулюванні агрохімічних показників ґрунту – зокрема його засоленості, вологості, аерації, вмісту поживних речовин.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні дослідження в інших містах з різним кліматом і ступенем урбанізації, вивченні ефективності альтернативних методів мульчування (органічні і неорганічні матеріали чи комбіновані підходи), а також у проведенні мікробіологічного аналізу ґрунту для оцінювання змін у структурі та функціонуванні ґрунтової мікробіоти під впливом зимового закриття лунок.

Список використаної літератури

- Балюк С.А., Носоненко О.А. Класифікація зрошуваних ґрунтів України за ступенем засолення, солонцюватості та лужності. *Ґрунтознавство*. 2008. № 3–4. С. 27–32.
- Беспалько Р.І. Агровиробничі групи ґрунтів і агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення в Україні : навчальний посібник. Чернівці, 2022. 160 с.
- Борисов О.О., Кофанов О.Є. Екологічне навантаження з боку автотранспортних потоків на придорожні території рекреаційного призначення. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 4 (54). С. 124–133.

Гудим М.Г., Кудряченко О.П., Гринь С.О. Озеленення міських територій. Альтернативне озеленення. *Молодий вчений*. 2016. № 12. С. 33–36.

ДСТУ 8853:2019. Матеріали протиожеледні для автомобільних доріг. Технічні умови. (Чинний від 2020-01-01). Київ : Мінрегіон України, 2019. 13 с.

Вергеліс В.І. Зміна еколого-агрохімічних показників ґрунту залежно від його ступеня змитості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 209–220. <https://doi.org/10.37128/2707-5826>.

Василенко О.В., Балабак А.А., Балабак А.В., Нікітіна О.В., Гурський І.М. Оцінка стану міських ґрунтів як засіб збереження екологічної стабільності урбоєкосистеми. *Екологічні науки*. 2023. № 1 (46). С. 139–143. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.23>.

Зібцева О.В., Юхновський В.Ю. Аналітична оцінка осучаснених норм озеленення міст. *Біоресурси і природокористування. Лісівництво*. 2019. № 11 (5–6). С. 131–150. DOI: 10.3390/su16114795.

Основні результати наукової діяльності 2019–2023 рр. Інститут ґрунтознавства НАН України [Електронний ресурс]. URL: <https://issar.com.ua/osnovni-rezultati-naukovo%20d1%97-diyalnosti-2019-2023-rr/> (дата звернення 21.07.2025).

Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень. Київ : НАУ, 2021. 190 с.

Швець В.В., Калініченко В.С., Кудлаєнко О.О. Аналіз та вдосконалення зеленого каркаса міста на прикладі м. Вінниці. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2013. № 1. С. 83–87.

Шолок І.В. Порівняльний аналіз озеленення великих міст України та Європи. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*. Серія «Екологія». 2014. С. 42–49.

Dmuchowski W., Wacziarg D., Wacziarg A., Wacziarg D., Wacziarg P. Effect of salt stress on the chemical composition of leaves of different tree species in urban environment. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2013. № 22. P. 987–994.

Grey V., Livesley S., Fletcher T., Szota C. Tree pits to help mitigate runoff in dense urban areas. *Journal of Hydrology*. 2018. Vol. 565. P. 400–410. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.038>.

Kimpe C., Morel J.-L. Urban Soil Management: A Growing Concern. *Soil Science*. 2000. № 165. P. 31–40. <https://doi.org/10.1097/00010694-200001000-00005>.

Langergraber G., Castellar J.A.C., Pucher B., Baganz G.F.M., Milosevic D., Andreucci M.B., Kearney K., Pineda-Martos R., Atanasova N. A Framework for Addressing Circularity Challenges in Cities with Nature-Based Solutions. *Water*. 2021. № 13 (17). P.1–19. <https://doi.org/10.3390/w13172355>.

University of Minnesota Soil Testing Laboratory [Електронний ресурс]. URL: <https://soiltest.cfans.umn.edu/> (дата звернення: 19.07.2025).

References

Baluk, S.A., & Nosonenko, O.A. (2008). Klyasyfikatsiia zroshuvanykh ґруntiv Ukrainy za stupenem zasoleniia, solonetzivnosti ta luzhnosti [Classification of irrigated soils of Ukraine by the degree of salinity, solonchicity and alkalinity]. *Hruntознаvstvo [Soil Science]*, 9 (3–4), 27–32 [in Ukrainian].

Bespalko, R.I. (2022). Ahrovyrobnychi hrupy hruntiv i ahrokhimichna pasportyzatsiia zemel silskohospodarskoho pryznachennia v Ukraini [Agro-production soil groups and agrochemical certification of agricultural lands in Ukraine]. Chernivtsi, 160 p. [in Ukrainian].

Borysov, O.O., & Kofanov, O.Ye. (2018). Ekolohichne navantazhennia z boku avtotransportnykh potokiv na prydozhni terytorii rekreatsijnoho pryznachennia [Ecological load from motor vehicle flows on roadside recreational areas]. *Enerhetyka: Ekonomika, Tekhnolohii, Ekolohiia – Energy: Economics, Technologies, Ecology*, 4 (54), 124–133 [in Ukrainian].

Gudym, M.H., Kudriachenko, O.P., & Hryn, S.O. (2016). Ozelenennia miskykh terytorii. Alternatyvne ozelenennia [Greening of urban areas. Alternative landscaping]. *Molodyi Vchenyi [Young Scientist]*, 12, 33–36 [in Ukrainian].

State Standard of Ukraine (DSTU) 8853:2019. (2019). Materialy protyozheledni dlia avtomobilnykh dorih. Tekhnichni umovy [Anti-icing materials for motor roads. Technical specifications]. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].

Verhelis, V.I. (2021). Zmina ekoloho-ahrokhimichnykh pokaznykiv ґрунту zalezhno vid yoho stupenia zmytosti [Changes in ecological and agrochemical indicators of soils depending on erosion degree]. *Sil'ske Hospodarstvo ta Lisnytstvo [Agriculture and Forestry]*, 3 (22), 209–220. <https://doi.org/10.37128/2707-5826> [in Ukrainian].

Vasylenko, O.V., Balabak, O.A., Balabak, A.V., Nikitina, O.V., & Hurskyi, I.M. (2023). Otsinka stanu miskykh hruntiv yak zasib zberezhenia ekolohichnoi stabilnosti urboekosystemy [Assessment of urban soils as a means to preserve ecological stability in urban ecosystems]. *Ekolohichni nauky [Environmental Sciences]*, 1 (46), 139–143. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.23> [in Ukrainian].

Zibtseva, O.V., & Yukhnovskyi, V.Yu. (2019). Analychna otsinka osuchasnenykh norm ozelenennia mist [Analytical evaluation of updated greening standards in cities]. *Biological Resources & Nature Management*, 11 (5–6), 13–140. <https://doi.org/10.3390/su16114795> [in Ukrainian].

Instytut gruntoznastva ta ahrokhimiyi Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny. Osnovni rezul'taty naukovoyi diyal'nosti 2019–2023 [Institute of Soil Science and Agrochemistry Research of the National Academy of Sciences of Ukraine. Main results of scientific activity 2019–2023]. [Electronic resource] URL: <https://issar.com.ua/osnovni-rezultati-naukovo%20197-diyalnosti-2019-2023-rr/> (access date 21.07.2025) [in Ukrainian].

Lisoval, A.P. (2021). Metody ahrokhimichnykh doslidzen [Methods of agrochemical research]. Kyiv: NAU, 190 p. [in Ukrainian].

Shvets, V.V., Kalinichenko, V.S., & Kudlaienko, O.O. (2013). Analiz ta vdoskonalennia zelenoho karkasa mista na prykladi m. Vinnytsi [Analysis and improvement of the green framework of the city on the example of Vinnytsia]. *Suchasni Tekhnologii, Materialy i Konstruktsii v Budivnytstvi [Modern Technologies, Materials and Structures in Construction]*, 1, 83–87 [in Ukrainian].

Sholok, I.V. (2014). Porivnialnyi analiz ozelenennia velykykh mist Ukrainy ta Yevropy [Comparative analysis of greening in large cities of Ukraine and Europe]. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya: Ekolohiia [Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series: Ecology]*, 42–49 [in Ukrainian].

Dmuchowski, W., Baczevska-Dąbrowska, A., Gozdowski, D., & Bragoszewska, P. (2013). Effect of salt stress on the chemical composition of leaves of different tree species in urban environment. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22, 987–994 [in English].

Grey, V., Livesley, S., Fletcher, T., & Szota, C. (2018). Tree pits to help mitigate runoff in dense urban areas. *Journal of Hydrology*, 565, 400–410. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.038> [in English].

Kimpe, C., & Morel, J.-L. (2000). Urban soil management: A growing concern. *Soil Science*, 165, 31–40. <https://doi.org/10.1097/00010694-200001000-00005> [in English].

Langergraber, G., Castellar, J.A.C., Pucher, B., Baganz, G.F.M., Milosevic, D., Andreucci, M.B., Kearney, K., Pineda-Martos, R., & Atanasova, N. (2021). A framework for addressing circularity challenges in cities with nature-based solutions. *Water*, 13 (17). <https://doi.org/10.3390/w13172355> [in English].

Laboratoriya vyprovuvannya hruntiv Universytetu Minnesoty. Laboratoriya vyprovuvannya hruntiv [University of Minnesota Soil Testing Laboratory. Soil testing laboratory]. [Electronic resource] URL: <https://soiltest.cfans.umn.edu/> (access date 19.07.2025) [in English].

Отримано: 24.07.2025

Прийнято: 25.08.2025

Опубліковано: 17.10.2025

