

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Зав. кафедрою екології

доц. \_\_\_\_\_ Вікторія КАЦЕВИЧ

« \_\_\_\_\_ » грудня 2025р.

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»  
на тему: «Оцінка біотичної активності урбоедафотопів м. Дніпро»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу, групи  
МГЕ-1-24 спеціальності  
101 «Екологія»  
\_\_\_\_\_ Петренко О.Ю.

Керівник \_\_\_\_\_ доц., к.с.-г.н Зленко І.Б

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет:** Водогосподарської інженерії та екології

**Кафедра:** Екології

**Освітньо-професійна програма:** «Екологія»

**Спеціальність:** 101 «Екологія»

**Ступінь вищої освіти:** Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

\_\_\_\_\_ Вікторія КАЦЕВИЧ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на підготовку кваліфікаційної роботи

Петренко Олег Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** \_\_\_\_\_

**Науковий керівник:** \_\_\_\_\_

затверджена наказом по ДДАЕУ від «15» жовтня 2025 р. № 3074

**2. Термін подання здобувачем роботи:** 16.12.2025 р.

**3. Вихідні дані до роботи:** \_\_\_\_\_

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їм належить розробити):** \_\_\_\_\_

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):** \_\_\_\_\_

**6. Дата видачі завдання:** «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою дослідження	03.09.2025-18.09.2025	виконано
2	Фізико-географічна і кліматична характеристика об'єкта досліджень	18.09.2025-03.10.2025	виконано
3	Методи досліджень	04.10.2025-17.10.2025	виконано
4	Результати досліджень та їх аналіз	18.10.2025-29.10.2025	виконано
5	Охорона праці	14.11.2025-27.11.2025	виконано
6	Оформлення дипломної роботи	28.11.2025-08.12.2025	виконано

Здобувач (ка)

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(Ім'я та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: «Оцінка біотичної активності урбоедафотопів м. Дніпро». Дипломна робота складається зі вступу 4 розділів, висновків та переліку використаних джерел. Повний обсяг роботи становить 76 сторінок друкованого тексту, включаючи 6 рисунків та 11 таблиць, що ілюструють результати дослідження. Перелік використаних джерел містить 56 найменувань.

Мета дослідження - оцінити біотичну активність урбоедафотопів у місті Дніпро й охарактеризувати стан ґрунтів на природних та антропогенно трансформованих ділянках.

Об'єкт дослідження - урбоедафотопи міста Дніпро.

Предмет дослідження - рівень біотичної активності ґрунтів на території урбанізованих ландшафтів.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

- встановити особливості зволоження та температурних умов ґрунтів у дослідних урбоедафотопах;
- проаналізувати рівень біотичної активності ґрунтів в урбоедафотопах м. Дніпро;
- оцінити вплив екологічних показників на біотичність ґрунтів;
- дослідити рослинний покрив на території урбоедафотопів.

Методи дослідження, використані у роботі, включають мікробіологічні, фізико-хімічні та аналітичні визначення, зокрема вимірювання вологості, кислотності ґрунтів, оцінку температурного режиму та показників мікробної активності.

Ключові слова: УРБОЕДАФОТОП, БІОТИЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ, МІКРОБІОТА ҐРУНТУ, УРБОЕКОСИСТЕМИ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ БІОТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ	8
УРБОЕДАФОТОПІВ	8
1.1 Урбоекосистеми та їхні ґрунтові особливості.	8
1.2 Вплив рельєфу та гідротермічного режиму на ґрунтоутворення в містах.	11
1.3 Біотична активність ґрунтів і роль мікробного ценозу.	13
1.4 Кореневі виділення та їхній вплив на ґрунтові мікроорганізми.	16
1.5 Дендрофлора міських екосистем як фактор формування ґрунту.	18
1.6 Автохтонні та інтродуковані види.	21
1.7 Рекреаційне навантаження на рослинність і ґрунти.	24
1.8 Дослідження ґрунтових мікробних угруповань у міських ландшафтах.	26
1.9 Біотичне різноманіття ґрунтів на урбанізованих територіях.	28
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.	31
2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень.	31
2.2 Ґрунтові умови досліджуваних територій.	33
2.3 Кліматичні умови.	35
2.4 Методи проведення досліджень.	37
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.	40
3.1 Таксономічний склад деревних рослин досліджуваних парків.	40
3.2 Флористична структура та сезонна динаміка трав'яного покриву.	46
3.3 Мікробіологічні показники ґрунтів	51
3.4 Ферментативна активність ґрунту	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
4.1 Загальні вимоги охорони праці.	61
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів.	62
4.3 Безпека під час польових робіт.	64
4.4 Безпека виконання лабораторних досліджень.	65
4.5 Санітарно-гігієнічні умови праці.	67
ВИСНОВКИ.	69
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.	72

## ВСТУП

Стрімке зростання урбанізованих територій, інтенсифікація техногенного навантаження та фрагментація природних ландшафтів зумовлюють актуальність дослідження екологічного стану міських екосистем, серед яких ґрунти посідають ключове місце як основа функціонування біотичних компонентів та регулятор багатьох екосистемних процесів. Урбоедафотопи, що формуються під комплексним впливом природних і антропогенних чинників, вирізняються високою просторовою мозаїчністю, порушеною структурою профілю, нестабільним водно-повітряним режимом та специфічним мікробним ценозом, чутливим до рекреаційного тиску, техногенного забруднення та змін мікроклімату. У таких умовах біотична активність ґрунтів є важливим індикатором екологічної стійкості міських екосистем, їх здатності до самоочищення, регулювання циклу поживних речовин і підтримання рослинного покриву, що визначає її наукове та практичне значення для сучасної екології міста.

Особливої актуальності дослідження біотичної активності набувають у місті Дніпро, рельєф якого характеризується наявністю численних ярів і балок, різкими градієнтами зволоження та температури, а також високим рівнем антропогенного перетворення територій.

Урбанізація спричинила значні зміни ґрунтового покриву, що проявляються у деградації гумусового горизонту, ущільненні субстрату, накопиченні техногенних включень і пригніченні мікробних процесів.

Водночас у межах міста зберігаються ділянки, де природні компоненти екосистеми зазнали менших трансформацій, що створює унікальну можливість порівняти різні типи урбоедафотопів і визначити фактори, які визначають їх біотичну активність.

Саме тому об'єктом дослідження обрано три контрастні зелені зони міста Дніпро — парк Лазаря Глоби, парк Сагайдак та урочище Тунельна балка. Кожна з цих територій має власний характер рельєфу, тип рослинності, рівень рекреаційного навантаження та ступінь антропогенного перетворення ґрунту, що забезпечує репрезентативність вибірки та можливість виявлення закономірностей просторової організації мікробіоценозів.

Парк Лазаря Глоби є центральною частиною міста з інтенсивним антропогенним впливом, значним ущільненням ґрунту та порушеним водно-повітряним режимом, що знижує рівень мікробної активності

Парк Сагайдак, розташований у заплавної частині, вирізняється підвищеною вологістю та деревостанами, характерними для прибережних біотопів; при цьому він також зазнає суттєвого рекреаційного навантаження, яке впливає на структуру мікробних угруповань. У свою чергу, урочище Тунельна балка є напівприродним ландшафтом із яружно-балковою системою, мінімальним техногенним пресом у верхніх частинах схилів та високою біотичною активністю ґрунтів, що робить його контрастною точкою порівняння з міськими парками.

Вибір саме цих трьох ділянок обумовлений необхідністю охопити спектр урбанізованих умов — від найбільш трансформованих до відносно природних — і простежити, як рельєф, рослинний покрив і ступінь порушення ґрунту визначають структуру і функціональність мікробних спільнот міських екосистем. Це дозволяє комплексно оцінити вплив урбанізаційних факторів на біотичну активність ґрунтів та окреслити напрями екологічної оптимізації зелених зон міста.

Проведення дослідження є важливим як з наукового, так і з практичного погляду, оскільки його результати сприяють розумінню механізмів функціонування міських ґрунтів, формуванню ефективних стратегій управління міськими ландшафтами та підвищенню екологічної стійкості рекреаційних територій Дніпра.

# 1 ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ БІОТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ УРБОЕДАФОТОПІВ

## 1.1 Урбоекосистеми та їхні ґрунтові особливості

Урбоекосистеми — це складні природно-антропогенні системи, у межах яких природні компоненти (рослинність, ґрунт, мікробіота, рельєф, гідрологія) взаємодіють із техногенними та соціальними чинниками міського середовища. На відміну від природних екосистем, вони перебувають у стані постійної трансформації через інтенсивний антропогенний вплив, що визначає їхню структуру, функціональні властивості та екологічну стійкість. Урбоекосистеми характеризуються порушеним біогеохімічним циклом, штучно модифікованими мікрокліматичними умовами, значним рівнем поверхневого ущільнення та уривчастою мозаїчністю ґрунтового покриву, що безпосередньо впливає на всі процеси ґрунтоутворення [1].

Ґрунти міських територій формуються під дією комплексу природних і штучних факторів, що призводить до їхнього відокремлення в самостійний тип — урбаноземи. Вони відзначаються зміненою морфологією профілю, аномальною структурою та порушеними процесами гуміфікації. Для таких ґрунтів характерна наявність техногенних включень (будівельне сміття, бетон, скло, металеві частки), вторинних субстратів, асфальтових і бетонних нашарувань, що формують специфічний техноземний горизонт. Ці включення впливають на механічний склад, хімічні властивості та водно-повітряний режим ґрунту, що робить умови для розвитку ґрунтових організмів нестабільними та гетерогенними [2].

Однією з головних рис ґрунтів урбоекосистем є їхня висока просторова неоднорідність. На відносно невеликих площах можуть чергуватися ділянки зі щільним техногенним субстратом, збагачені органічною речовиною ділянки під густою рослинністю та майже стерильні ділянки в умовах надмірного рекреаційного навантаження. Мозаїчність підсилюється особливостями рельєфу, які відіграють ключову роль у формуванні міських ґрунтів. Наприклад, у місті Дніпро рельєф визначений льодовиковими й флювіальними процесами: характерні балки, яри та ерозійні форми розчленовують міську територію. На різних висотах і експозиціях схилів формуються локальні мікрокліматичні умови, що змінюють інтенсивність ґрунтових процесів: на схилах посилюється дренаж, зменшується вологість і погіршується формування гумусового горизонту, тоді як у нижніх частинах балок волога накопичується, що стимулює біологічну активність та розвиток ґрунтової мікробіоти [3].

На ґрунти урбоекосистем істотно впливає техногенне забруднення, зокрема викиди транспорту, промислових підприємств, знос покриття доріг та будівельних матеріалів. У ґрунтах накопичуються важкі метали (Pb, Cd, Zn, Cu), поліциклічні ароматичні вуглеводні, продукти неповного згоряння палива, дрібнодисперсні тверді частки. Ці речовини здатні пригнічувати діяльність ґрунтових мікроорганізмів, зменшувати різноманіття мікробних угруповань і змінювати їхній функціональний потенціал. Унаслідок цього порушуються процеси мінералізації органічної речовини, пригнічується діяльність ферментів, що є чутливими маркерами екологічного стресу ґрунту [4].

Важливим наслідком урбанізації є формування ефекту міського теплового острова, коли температура повітря і ґрунту в місті стабільно на 1–3 °C вища, ніж у навколишніх природних зонах. Підвищена температура пришвидшує висихання ґрунту, зменшує кількість доступної вологи, змінює активність мікробіоти й інтенсифікує розклад органічної речовини. У результаті гумусовий шар у багатьох міських парках є нестабільним і слабо вираженим, що позначається на розвитку рослинного покриву та можливостях формування стійких фітоценозів.

Присутність зелених насаджень — парків, скверів, прибережних зон — частково компенсує негативні наслідки урбанізації. Деревя й трав'яний покрив формують кореневу екосистему, у межах якої активізуються процеси біотичної взаємодії: кореневі виділення стимулюють розвиток мікробних угруповань, мікориза підвищує стійкість дерев до стресів, а мікробіота бере участь у кругообігу вуглецю, азоту та інших біогенних елементів. Проте ці взаємозв'язки у міських умовах часто порушені через ущільнення ґрунту, обмеження розвитку кореневої системи, регулярне механічне втручання (обрізування, прибирання листя), що зменшує надходження органічної речовини [5].

Урбанізовані ґрунти формують особливий мікробний ценоз, який істотно відрізняється від природного. Зазвичай він характеризується зменшеним видовим багатством, але підвищеною часткою стресостійких бактерій та грибів, здатних виживати в умовах дефіциту вологи та кисню, високої температури, забруднення й механічних порушень. У таких умовах ферментативна активність — каталази, уреазы, дегідрогенази — стає індикатором загального стану ґрунту та рівня його біотичної активності. Вона тісно пов'язана із наявністю органічної речовини, вологістю, температурою та структурою мікробного угруповання.

Ґрунти урбоекосистем є унікальними за своїми властивостями. Вони одночасно поєднують ознаки природних ґрунтів та техногенно модифікованих субстратів, що формує складний ґрунтовий покрив із підвищеною гетерогенністю, нестабільністю та високою чутливістю до антропогенного навантаження. Саме тому дослідження біотичної активності урбоедафотопів, зокрема м. Дніпра, є важливим для розуміння екологічного стану міських зелених зон і можливостей їх відновлення та адаптації до умов урбанізації [6].

## 1.2 Вплив рельєфу та гідротермічного режиму на ґрунтоутворення в містах

Урбанізовані території характеризуються складною взаємодією природних і техногенних факторів, які визначають специфіку ґрунтоутворення. Серед них рельєф та гідротермічний режим відіграють ключову роль у формуванні структури, властивостей і функціонування міських ґрунтів. На відміну від природних систем, рельєф міста зазнає значних антропогенних змін, що створює складні урбодіафотопи з порушеною морфологією, трансформованим водним балансом і зміненими умовами міграції речовин. Техногенні насипи, зрізані схили, штучно вирівняні поверхні та інженерні конструкції формують своєрідний техногенний рельєф, який значною мірою визначає напрямок і інтенсивність ґрунтових процесів. У роботах, присвячених антропогенним ґрунтам, наголошується, що міські ландшафти характеризуються «структурно порушеними» та «механічно ущільненими» ґрунтами, що формуються під впливом інженерного планування території, порушення природної поверхні, зміни структури ґрунтового профілю та умов інфільтрації.

Рельєф справляє безпосередній вплив на розподіл вологи, розвиток ерозійних процесів, глибину промивання ґрунтових горизонтів і потужність гумусового шару. На схилах спостерігається підвищена інтенсивність поверхневого стоку, що спричиняє зменшення вмісту органічної речовини, зниження родючості та формування більш тонкого і збагаченого мінеральними частками профілю. У міських умовах цей ефект посилюється через ущільнення ґрунтів, руйнування структури та обмеження проникнення води через штучні покриття. Натомість у пониженнях рельєфу, таких як тераси, днища балок і заплавні ділянки, навпаки, відбувається акумуляція опадів і органічної речовини, що сприяє формуванню глибшого гумусового горизонту та створенню

сприятливіших умов для ґрунтотвірних процесів. Особливо це помітно у містах із контрастною геоморфологією, таких як Дніпро, де природний рельєф льодовикового походження поєднується зі значним техногенним перетворенням. Тут наявність глибоких ярів, балкових систем, крутих схилів і терас створює мозаїку урбоєдафотопів із різною динамікою водного режиму, рівнем прогрівання ґрунту та швидкістю біогеохімічних процесів. Верхні частини схилів часто є зонами дефіциту вологи, перегрівання та активної ерозії, тоді як нижні ділянки виступають природними центрами акумуляції органіки, де спостерігається підвищена біотична активність [7].

Гідротермічний режим у містах є не менш важливим чинником, адже він визначає співвідношення між температурою ґрунту, кількістю доступної води та інтенсивністю фізико-хімічних і біологічних процесів. В урбанізованих територіях формується специфічний мікроклімат, зокрема явище міського теплового острова, яке призводить до стабільно підвищеної температури ґрунту. Це посилює мінералізацію органічної речовини, пришвидшує біохімічні реакції, але водночас сприяє швидкому висиханню ґрунту й зниженню доступності вологи для корневих систем та мікроорганізмів. На територіях із щільним штучним покриттям — асфальтом, бетонними плитами, бруківкою — відбувається різке зниження інфільтрації води та відтік опадів у дренажні системи. Це створює локальні контрасти: одні ділянки міського середовища страждають від пересушення, інші — від перезволоження, зумовленого порушеним дренажем. Міські ґрунти часто характеризуються горизонтами накопичення штучних матеріалів — будівельного сміття, техногенних відкладів, фрагментів асфальту чи бетону — які діють як бар'єри для вологи, ускладнюючи вертикальний водообмін і змінюючи температурний режим ґрунтового профілю.

Взаємодія рельєфу та гідротермічного режиму створює складні просторові патерни ґрунтоутворення. На схилах із відкритою експозицією ґрунт прогрівається швидше, втрачає вологу, і це призводить до зниження активності ґрунтових мікроорганізмів та ферментів. У зниженнях, навпаки, утворюються стабільніші мікрокліматичні умови, які підтримують високий рівень біологічної

активності та сприяють нагромадженню гумусу. У міських умовах ця природна закономірність посилюється техногенними втручаннями, що формують контрастні гідротермічні зони навіть у межах одного парку чи зеленої зони. Ущільнення ґрунту під впливом рекреаційних навантажень додатково зменшує його пористість і водопроникність, що порушує циркуляцію повітря і води та знижує інтенсивність ґрунтових процесів [8].

Для міста Дніпро ці закономірності є особливо актуальними, оскільки його рельєф відзначається значною контрастністю, а урбанізація спричинила масштабну трансформацію природних ландшафтів. У результаті ґрунти різних частин міста знаходяться у неоднакових умовах зволоження, прогрівання та біологічної активності, що визначає їх неоднорідність і різний рівень екологічної стійкості. Саме тому рельєф і гідротермічний режим виступають ключовими факторами, які зумовлюють специфіку ґрунтоутворення в міських умовах та визначають функціональний стан урбоедафотопів. Їх аналіз є необхідним для розуміння динаміки біотичних процесів у міських ґрунтах і подальшої оцінки їх екологічного потенціалу [9].

### 1.3 Біотична активність ґрунтів і роль мікробного ценозу

У структурі урбоедафотопів, які формуються під сильним впливом антропогенних факторів, мікробний ценоз виступає центральним компонентом ґрунтової біоти: саме мікроорганізми визначають інтенсивність розкладу органічної речовини, кругообіг елементів живлення, формування ґрунтової структури та детоксикацію забрудників. Міські ґрунти, незважаючи на штучність субстрату, порушену морфологію та вплив урбанізаційних процесів, зберігають здатність підтримувати складні мікробні угруповання, що забезпечують базову життєздатність екосистеми [10].

За даними сучасних досліджень, показники біотичної активності

охоплюють мікробну біомасу, ферментативні властивості, щільність та різноманіття ґрунтових мікроорганізмів — усе це є маркерами здоров'я ґрунту та основою для екологічного моніторингу міських ландшафтів [11].

Розвиток omics-технологій дозволив значно глибше вивчати мікробні спільноти, які включають бактерії, гриби, археї, віруси та еукаріотичні мікроорганізми. Ці групи не лише співіснують, але й активно взаємодіють, формуючи складні трофічні мережі та визначаючи функціонування ґрунтів, їхню родючість, здатність до секвестрації вуглецю та підтримання життєдіяльності рослин і тваринних організмів [12].

Дані з досліджень деградованих урбоєкосистем, зокрема робота, проведена в лісопарку Лунцюань, особливо цінні для розуміння ролі мікробіому в умовах міських ґрунтів. Зокрема встановлено, що екологічне відновлення ґрунту призводить до різкого збільшення різноманіття бактеріальних угруповань, тоді як грибні спільноти змінюються набагато слабше.

У відновлених ґрунтах домінували такі важливі бактеріальні групи, як *Verrucomicrobia*, *Chloroflexi*, *Acidobacteria* та *Planctomycetes*, що відіграють ключову роль у гідролізі полісахаридів, розкладі органічних кислот та деструкції рослинних решток і екзополісахаридів бактерій. Це свідчить про відновлення активних процесів мінералізації органічної речовини та повернення ґрунтів до стану підвищеної біотичної продуктивності [13].

Окремо відзначено зростання чисельності представників *Gemmatimonadetes* — групи бактерій, які забезпечують адаптацію ґрунтів до сезонної посушливості та є важливими для урбанізованих ландшафтів зі зміненим водним режимом.

Натомість домінуючі у деградованих ґрунтах потенційно патогенні групи, передусім *Proteobacteria* та *Actinobacteria*, після відновлення суттєво зменшують чисельність, що вказує на оздоровлення екосистеми та зниження ризику біологічного забруднення урбоєдафотопів.

Гриби в мікробному ценозі міських ґрунтів виконують іншу, але не менш важливу функцію. Вони забезпечують стійкість ґрунтової біоти до коливань

вологості та температур, зберігаючи здатність до активності навіть після тривалих періодів пересушення. Доведено, що грибні угруповання демонструють вищу резистентність до екологічних стресів порівняно з бактеріальними, зберігаючи структурну цілісність ценозу навіть у періоди екстремальної посухи [14].

У свою чергу, гіфи грибів можуть виконувати роль «біологічних каналів», транспортувати воду та поживні речовини бактеріальним клітинам у сухих ґрунтах, тим самим забезпечуючи стабільність усієї мікробної мережі.

Особливе значення має участь порядку *Sordariales*, який активно бере участь у розкладі органічної речовини та може виступати біологічним індикатором процесів відновлення ґрунту. Ця група грибів часто домінує в ґрунтах, де відбувається активне надходження органічних речовин, і слугує маркером високої біотичної активності та посиленого кругообігу вуглецю.

Ключовий висновок із сучасних досліджень — біотична активність ґрунтів міських екосистем визначається не окремими групами мікроорганізмів, а їх взаємодією із рослинністю, органічними речовинами, структурою ґрунту та гідротермічними умовами. Мікробний ценоз урбоедафотопів реагує на зміни субстрату, ступінь рекреаційного навантаження, забруднення та інтенсивність рослинного покриву; водночас саме мікроби формують здатність ґрунту до самоочищення, біодеструкції ксенобіотиків та підтримання здоров'я міського середовища [15].

Роль мікробного ценозу особливо важлива в умовах Дніпра, де урбанізовані ландшафти різко відрізняються за рельєфом, водним режимом та структурою рослинності. Саме мікроорганізми виступають «мостом» між геоморфологічними умовами, деревною рослинністю та ґрунтовими процесами, забезпечуючи функціонування урбоекосистеми як єдиного комплексу.

#### 1.4 Кореневі виділення та їхній вплив на ґрунтові мікроорганізми

Кореневі виділення (ризодепозити) є одним із ключових механізмів, за допомогою яких рослини регулюють біогеохімічні процеси в ґрунті та формують навколо себе специфічне мікробне середовище. До їхнього складу входять органічні кислоти, амінокислоти, фенольні сполуки, цукри, вторинні метаболіти, ферменти та слизові речовини. Ці сполуки визначають хімічні властивості ризосфери - вузької зони ґрунту, яка зазнає безпосереднього впливу кореневої системи, - та виступають основним джерелом легко доступного вуглецю для ґрунтових мікроорганізмів. Саме завдяки корневим виділенням рослинам вдається вибірково стимулювати чи пригнічувати окремі мікробні групи, змінювати хід мікробних сукцесій і підвищувати ефективність засвоєння поживних елементів [16].

У природних і наближених до природних умовах, включно з лісопарковими територіями великих міст, коренева ексудація визначає структуру і функціонування ґрунтового мікробіому. Як показують сучасні дослідження міських лісопарків рослинність виступає ключовим фактором, що регулює різноманіття та активність ґрунтових мікроорганізмів. Висока видова різноманітність деревних насаджень і добре розвинена коренева система сприяють формуванню складних бактеріально-грибних комплексів. Домінантними бактеріальними групами в умовах міських лісів є *Proteobacteria*, *Acidobacteria* та *Chloroflexi*, тоді як серед грибів переважають *Ascomycota* і *Basidiomycota*. Ці таксони активно реагують на зміни органічного субстрату в ризосфері, що підтверджує тісний зв'язок між рослинним покривом та мікробіотою [17].

В урбанізованих ґрунтах спостерігається позитивна кореляція між різноманіттям рослин і мікробними спільнотами, причому зв'язок є сильнішим

для бактерій, ніж для грибів. Це пояснюється тим, що бактеріальні угруповання значною мірою залежать від кількості та складу органічного вуглецю, який надходить саме з корневих виділень. Більшість бактерій-симбіонтів, таких як представники родів *Gaiella*, *Comamonas* або *Pedomicrobium*, виявлених як ключові таксони за мережею співзустрічей у дослідженні Ю Вей Цзо, характеризуються високою активністю у мінералізації ексудатів та трансформації сполук азоту й фосфору. Гриби ж, зокрема мікоризні (*Rhizophagus*) або сапротрофні види (*Curvularia*, *Theλονectria*), здебільшого реагують на довгострокові зміни у структурі рослинних угруповань та накопиченні органічної маси.

Кореневі виділення виконують не лише трофічну функцію. Вони беруть участь у формуванні структурної організації мікробного середовища, оскільки виділені полімери та слизові речовини сприяють агрегації ґрунтових частинок, підвищують вологозатримувальну здатність та стабілізують мікробні мікроніші. Певні вторинні метаболіти рослин мають специфічний сигнальний або антибактеріальний ефект, що дозволяє рослині обмежувати розвиток фітопатогенів. Таким чином, ризосфера функціонує як «біологічний фільтр», який водночас забезпечує рослину поживними речовинами та захищає її від стресових чинників [18].

У контексті урбоедафотопів місті Дніпро роль корневих виділень особливо важлива через сильно виражену мозаїчність умов ґрунтоутворення. Рельєф міста - численні схили, яри, балки — створює істотні градієнти вологості, температурного режиму, глибини промивання й накопичення органічних речовин. У таких умовах навіть однакові види дерев можуть формувати різний склад ексудатів, що, у свою чергу, спричинює відмінності у структурі мікробних спільнот. На вершинах та крутих схилах, де ґрунти сухіші та тепліші, кореневі виділення більш концентровані, що стимулює розвиток бактеріальних груп, здатних швидко мінералізувати органіку. У нижніх частинах схилів чи днищах ярів, де вищий рівень вологи, формуються умови, сприятливі для грибного комплексу та повільніших мікробних сукцесій.

Дослідження Ю Вей Цзо із центру збереження та використання біорізноманіття, ключової лабораторії екодовкілля в районі водосховища «Три ущелини» Південно-західного університету в Китаї підтверджують, що ґрунтова мікробна активність у міських лісопарках значною мірою залежить від рослинного покриву: збільшення різноманіття рослинної ярусності та розвиток корневих систем прямо пов'язані зі зростанням різноманіття та функціональної активності ґрунтових мікроорганізмів. Саме через систему корневих ексудатів рослини визначають темпи відновлення ґрунтових екосистем, їхню буферність та стійкість до порушень [19].

Кореневі виділення є центральною ланкою у взаємодії «рослина - ґрунт - мікроорганізми» та визначають біотичну активність урбанізованих ґрунтів. У парках міста Дніпра, де поєднуються природні риси рельєфу та міські стресові чинники, саме коренева ексудація відіграє ключову роль у підтриманні життєздатного ґрунтового мікробіому, що забезпечує стабільність екосистем і успішне функціонування зелених насаджень.

### 1.5 Дендрофлора міських екосистем як фактор формування ґрунту

У межах урбанізованого середовища, де природні процеси ґрунтоутворення значною мірою трансформовані внаслідок антропогенного тиску, саме деревні рослини забезпечують підтримання або відновлення ґрунтових функцій виступаючи основними екосистемними стабілізаторами. Вони змінюють структуру ґрунту через кореневі системи, забезпечують надходження органічної речовини, формують мікрокліматичні умови й визначають характер мікробних угруповань у ризосфері. Роль дендрофлори у формуванні урбодіафотопів особливо значуща для міст із складним рельєфом, таких як Дніпро, де численні яри, балки, схили й терасовані ділянки створюють мозаїку контрастних едафічних і мікрокліматичних умов. [20]

Дані досліджень О. В. Орловського із Полтавського національний педагогічного університет імені В. Г. Короленка свідчать про те, що видовий склад деревних рослин тісно пов'язаний із просторою диференціацією екологічних умов, таких як рівень освітлення, вологість, аерація та кислотність ґрунту. У його дослідженнях було виявлено 12 видів листяних дерев, які репрезентують сім родів шести родин. Види розподілені між зонами нерівномірно, а подібність дендрофлори варіює залежно від рекреаційного навантаження, структури деревостану та особливостей рельєфу. Так, у зоні з найінтенсивнішим антропогенним впливом зафіксовано найбільше видове різноманіття, проте ґрунти там зазнають значного ущільнення, що знижує їх аерацію та змінює умови функціонування корневих систем. Найнижчі значення показника аерації ґрунту саме в таких зонах дослідники пов'язують із високою рекреаційною активністю, яка спричиняє механічне стискання ґрунтового профілю та погіршення його повітряного режиму. Натомість у зонах, де антропогенний тиск мінімальний, дендрофлора формує більш стабільні, менш ущільнені ґрунти з кращою водопроникністю та розвитком аеробної мікробіоти.

Різні види дерев можуть демонструвати різну екологічну пластичність, що впливає на їх здатність формувати специфічні едафічні умови. Наприклад, осика (*Populus tremula*) характеризується широким діапазоном толерантності до вологості ґрунту. Такі дерева сприяють розвитку мікробних угруповань, здатних адаптуватися до коливань вологості. Верба біла і представники роду *Populus* формують ґрунти зі значним вмістом органічних речовин, що сприяє активній діяльності сапротрофних грибів та бактерій, які беруть участь у розкладі опаду. Робінія звичайна, що трапляється здебільшого у відкритих, добре освітлених ділянках, може змінювати азотний баланс ґрунту за рахунок симбіозу з азотфіксуючими бактеріями, а її листовий опад збагачений фенольними сполуками, які впливають на мікробні сукцесії та швидкість гуміфікації [21].

Усі ці особливості мають безпосереднє значення для міських ґрунтів Дніпра. Завдяки складному історично сформованому рельєфу міста, що включає височини, тераси, схили та днища ярів, рослинні насадження формують дуже

різні локальні мікроумови. На схилах південних експозицій, де інтенсивність інсоляції вища, а ґрунти більш сухі, дерева зі світлолюбними та ксерофітними властивостями сприяють формуванню структурно стійких, добре дренованих ґрунтів. У нижніх частинах схилів або в зниженнях рельєфу, де волога накопичується, домінують види, що потребують більш вологих ґрунтів, і саме вони формують умови для розвитку гідрофільної мікробіоти та активнішої мінералізації органічних речовин. Таким чином, дендрофлора у міських парках Дніпра виступає важливим регулятором як напрямків, так і темпів ґрунтоутворних процесів [22].

Деревні рослини міських екосистем визначають характер і структуру органічного субстрату, що надходить до ґрунту. Листяний та гілковий опад, корені, коренева ексудатія, мертві тканини дерев - усе це є основою для формування гумусового горизонту, розвитку мікробних співтовариств і стабілізації ґрунтової структури. Коренева система дерев глибоко проникає у ґрунт і утворює мережу макропор, які покращують повітряний та водний режими, забезпечують міграцію розчинених речовин і зменшують ризик застою води. Завдяки цьому деревостани можуть відновлювати деградовані ґрунти, особливо ті, що зазнали ущільнення, механічних пошкоджень або ерозії. Навіть у міських умовах, де часто спостерігається забруднення, ущільнення, зниження біорізноманіття та порушення природних ґрунтових процесів, дендрофлора відіграє компенсаторну роль, сприяючи відновленню екологічної рівноваги.

Значення освітлення, вологості, аерації та кислотності може змінюватися в межах різних зон лише на 1–2 бали, що свідчить про адаптацію видів до наявних умов. Водночас саме такі відмінності формують різні типи ґрунтових мікроекотопів і визначають характер мікробної активності. Ці спостереження є цінними для екологічних досліджень у Дніпрі, оскільки в його парках, як і в Полтаві, трапляються як природні, так і штучні фітоценози, що реагують на зміни рекреаційного навантаження, транспортних викидів, механічних порушень і забруднення [23].

Дендрофлора міських екосистем виступає одночасно індикатором

екологічного стану ґрунту і його активним формувачем. Завдяки різноманітності деревних видів, їх кореневим системам, кореневим виділенням і листовому опаду формується специфічний мікроклімат ґрунтового середовища, регулюється розвиток мікробних спільнот, визначаються умови гуміфікації та мінералізації органічних речовин. У містах із вираженою мозаїчністю рельєфу, таких як Дніпро, роль дерев у підтриманні і формуванні ґрунту є критично важливою, оскільки саме деревна рослинність забезпечує екологічну стабільність урбоедафотопів, підвищує їх біотичну активність та сприяє збереженню міських екосистем в умовах постійного антропогенного впливу [24].

## 1.6 Автохтонні та інтродуковані види

Флористична структура міських екосистем формується під впливом широкого спектра природних та антропогенних чинників і включає як автохтонні, так і інтродуковані види, що по-різному взаємодіють з едафічним середовищем. Їхнє співвідношення визначає екологічну стабільність території, стійкість фітоценозів та характер ґрунтоутворних процесів. Для урбоекосистем Середнього Придніпров'я, зокрема міста Дніпро, це питання є особливо актуальним через поєднання специфічного рельєфу, мозаїчності умов зволоження та високого рівня антропогенного навантаження [25].

До автохтонних видів регіону належать деревні породи, що природно сформувалися у Подніпровській височині та Присамарських лісах. Найхарактернішими з них є дуб звичайний (*Quercus robur*), липа серцелиста (*Tilia cordata*), клен гостролистий (*Acer platanoides*), береза повисла (*Betula pendula*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris*), в'яз шорсткий (*Ulmus scabra*), граб звичайний (*Carpinus betulus*), верба біла (*Salix alba*) у прибережних зонах та тополя чорна (*Populus nigra*) у заплавах ділянках. Ці види є складовою природних фітоценозів і характеризуються адаптованістю до регіональних умов

клімату, типів ґрунтів та рельєфних особливостей. Їхнє існування у міських парках сприяє формуванню стабільних ризосферних систем, здатних підтримувати високий рівень біотичної активності ґрунту [26].

Автохтонні види, як правило, формують гармонійні симбіотичні зв'язки з місцевими мікоризними грибами, бактеріями та актиноміцетами. Наприклад, дуб та липа сприяють розвитку ектомікоризних асоціацій, які підвищують доступність фосфору, регулюють водний баланс і стимулюють гумусонакопичення, а кореневі системи берези й клена збагачують ґрунт легкорозкладною органікою, що активізує діяльність сапротрофних бактерій і прискорює мінералізаційні процеси. Природна відповідність між автохтонними видами та ґрунтовим мікробіомом забезпечує збалансований режим кругообігу речовин і сприяє стабільності ґрунтових екосистем навіть за умов урбанізації. Інтродуковані деревні види були завезені до регіону з декоративною, господарською або рекультиваційною метою [27].

Найпоширенішими серед них є робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia*), клен ясенелистий (*Acer negundo*), акація біла, горіх волоський (*Juglans regia*), катальпа бігніонієвидна (*Catalpa bignonioides*), гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba*), софора японська (*Styphnolobium japonicum*), туя західна (*Thuja occidentalis*), ялина колюча (*Picea pungens*) та тополя канадська (*Populus canadensis*). Інтродуценти часто демонструють високу адаптивність до міських умов — засоленості, забруднення, ущільнення ґрунту, недостатнього водозабезпечення. Вони здатні швидко відновлювати порушені ділянки та формувати значний обсяг органічного опаду, проте їхній вплив на ґрунтове середовище може бути амбівалентним.

Автохтонні види формують ризосферу, найбільш узгоджену з еволюційно сформованими мікробними спільнотами регіону, оскільки коренева система місцевих дерев виділяє характерний спектр ексудатів, хімічний склад яких регулює співвідношення бактерій, грибів і актиноміцетів. Наприклад, дуб і граб стимулюють розвиток ектомікоризних грибів, що збільшує поглинання води і мінеральних речовин, липа та клен підтримують бактеріально-грибні комплекси,

що сприяють формуванню дрібногрудкуватої структури ґрунту, а сосна звичайна формує особливо стійкі мікроміцеліальні структури, які підвищують агрегованість піщаних і супіщаних ґрунтів [28].

Завдяки наявності автохтонних видів у ґрунті стабілізується співвідношення мікробних груп, покращується якість гумусу та забезпечується стійкий цикл поживних речовин. Інтродуковані види нерідко змінюють стабільність мікробних спільнот і напрям ґрунтових процесів: вони створюють інший хімічний склад листового опаду (наприклад, робінія збагачена алкалоїдами, а клен ясенелистий — легкорозкладною целюлозою), можуть сприяти розвитку певних груп мікроорганізмів (азотфіксуючі бактерії під кронами робінії) або, навпаки, пригнічувати деякі види мікробів через виділення вторинних метаболітів. Деякі інтродуценти формують ризосферу з низькою специфічністю — мікробіота лише частково адаптується до їхніх корневих виділень, що може призводити до спрощення структури мікробних угруповань або навіть зниження біотичної активності ґрунту, тоді як інші сприяють активному розвитку мікробів, які толерують високі концентрації азоту чи органічних кислот [29].

У випадку інвазивних інтродуцентів, таких як клен ясенелистий, можливі суттєві зміни у структурі мікробіома: прискорена мінералізація, зниження частки мікоризних грибів, зміщення угруповань у бік бактеріального домінування, що впливає на гумусоутворення, темпи розкладу органічної речовини та загальну едафічну стабільність. У міських парках Дніпра, розташованих на ділянках зі складним рельєфом і різним режимом зволоження, співіснування автохтонних і інтродукованих видів формує мозаїку ризосферних умов. На схилах з малопотужними ґрунтами домінування інтродуцентів може призводити до спрощення мікробних угруповань, тоді як у нижніх частинах рельєфу автохтонні види сприяють формуванню стабільних, мікоризо-насичених ризосфер. Структура дендрофлори безпосередньо впливає на біотичну активність урбоедафотопів, визначає інтенсивність ґрунтових процесів і загальний екологічний стан території [30].

## 1.7 Рекреаційне навантаження на рослинність і ґрунти

Рекреаційне навантаження є одним із провідних антропогенних чинників, що визначають сучасний стан зелених зон у містах та формують особливості ґрунтових процесів. У парках Дніпра цей вплив проявляється особливо виразно через складну рельєфну будову міського ландшафту - численні балки, тераси й схили, де порушення поверхневого шару швидко запускає деградаційні процеси. Інтенсивне перебування людей, витоптування, формування несанкціонованих стежок, пошкодження підліску та дернини спричиняють системні зміни у рослинності та ґрунтах [31].

Одним з найважливіших наслідків рекреаційного тиску є ущільнення ґрунту, яке зменшує його пористість, погіршує водопроникність та обмежує повітряний режим. Такі зміни безпосередньо впливають на біоту ґрунту: знижується активність аеробних груп мікроорганізмів, сповільнюються процеси мінералізації органічної речовини, обмежується перебіг азотного циклу та зменшується загальна біотична активність. Порушення дернини знижує надходження свіжих органічних залишків, а трав'яний покрив стає фрагментованим або повністю зникає, що послаблює кореневі ексудаційні потоки та погіршує живлення ґрунтової мікробіоти [32].

Часті механічні впливи на поверхневий горизонт ґрунту порушують нормальні процеси трансформації органічної речовини. В умовах рекреаційного навантаження підстилка руйнується швидше, ніж відбувається її стабілізація, що призводить до накопичення менш стабільних форм органічного вуглецю та зменшення частки його мінерал-асоційованої фракції. Саме стабільні органо-мінеральні комплекси визначають довготривале збереження вуглецю, тому їх зниження свідчить про зменшення екологічної стійкості ґрунтів і здатності до самовідновлення.

Рекреаційне навантаження також змінює структуру рослинного покриву. Для міських парків із інтенсивним використанням характерні спрощені трав'яні угруповання з низькою здатністю утримувати підстилку та забезпечувати ґрунт органічними рештками. Одночасно деревний ярус, який зазвичай підтримується комунальними службами, може відзначатися значною видовою різноманітністю, але це не компенсує втрат у ґрунтовому горизонті. За таких умов погіршується якість надходження органічної речовини, зменшується біорізноманіття мікроорганізмів та їхня функціональна активність[33].

Додатково на ґрунти діє підвищений тепловий режим міського середовища, який у поєднанні з порушеною структурою поверхневого шару може прискорювати мікробну деструкцію органічних речовин. Це веде до збільшення втрат вуглецю та зниження потенціалу ґрунтів виконувати регуляторні екосистемні функції. Унаслідок такого комплексного впливу міські урбодифотопи стають більш вразливими до деградаційних явищ — ерозії, виснаження, втрати мікробної активності.

Для міста Дніпро, де рекреаційні зони часто розташовані на рельєфно контрастних ділянках, рекреаційний тиск є одним із ключових факторів просторової диференціації ґрунтових властивостей. Вологі низинні ділянки швидше ущільнюються, а схили — еродують при найменшому порушенні рослинного покриву. У результаті формуються різні за стійкістю типи урбодифотопів, що відрізняються рівнем мікробної активності, складом органічної речовини та здатністю до підтримання біотичних процесів.

Рекреаційне навантаження є одним із центральних чинників, що визначає сучасний стан і функціонування ґрунтів міських парків Дніпра. Воно суттєво впливає на їхню біотичну активність, напрямок трансформації органічної речовини, мікробне різноманіття та екологічну стабільність урбоекосистем [34].

## 1.8 Дослідження ґрунтових мікробних угруповань у міських ландшафтах

Дослідження ґрунтових мікробних угруповань у міських ландшафтах є важливим напрямом сучасної урбоекотології, оскільки мікроорганізми визначають функціональну стабільність ґрунтових екосистем, забезпечують кругообіг поживних речовин і беруть участь у трансформації органічної речовини. У міських умовах біота ґрунту формується під впливом складної комбінації природних і антропогенних чинників: типу рослинності, особливостей рельєфу, ступеня урбанізації, рекреаційного навантаження, структури органічної речовини, фізичних властивостей ґрунту та інтенсивності зовнішніх факторів.

Одним із ключових чинників, що визначає особливості мікробних угруповань, є якість та структура ґрунтової органічної речовини (СОМ). У міських насадженнях органічна речовина представлена двома групами фракцій — частково розкладеною органічною речовиною (РОМ) та мінерал-асоційованою органічною фракцією (МАОМ). РОМ є більш лабільною та швидко доступною для мікроорганізмів, тоді як МАОМ утворює стабільні органо-мінеральні комплекси, що забезпечують довготривале збереження вуглецю. Дослідження міських зелених зон показують, що саме співвідношення між цими фракціями значною мірою визначає склад і активність мікробної біоти.

В умовах інтенсивного антропогенного впливу, характерного для міських парків, поверхневий органічний шар часто зазнає деструкції, що призводить до накопичення більш лабільної РОМ-фракції та одночасного зменшення частки МАОМ. Таке порушення структури органічного пулу безпосередньо впливає на мікробні процеси: активізуються деполімеризація та мінералізація органічних залишків, посилюється залежність мікроорганізмів від коротколанцюгових субстратів, скорочується стабільність мікробних угруповань. Водночас

зниження частки МАОМ веде до зменшення довготривалої стабілізації ґрунтового вуглецю, що робить ґрунти уразливішими до втрат органічної речовини в умовах рекреаційного та кліматичного навантаження [35].

Суттєву роль у формуванні мікробних спільнот відіграє рослинність міських парків. Тип домінуючих рослин, особливості листяного опаду, інтенсивність кореневих ексудацій та формування підстилки створюють різні умови для функціонування мікробів. Листяні та вічнозелені дерева, газонні угруповання, декоративні насадження — кожен із цих типів растровільності формує специфічний мікробний профіль ґрунту. Фунгістичні угруповання більшою мірою залежать від типу рослинних решток і структури підстилки, тоді як бактеріальні спільноти чутливіші до змін фізико-хімічних параметрів ґрунту, таких як рН, щільність та вміст доступних форм азоту [36].

Урбанізація також істотно впливає на мікробні угруповання, змінюючи як склад видів, так і функціональні групи. У міських ґрунтах часто відзначається підвищена частка мікроорганізмів, здатних до ефективною переробки легкодоступного органічного субстрату, а також таксонів, толерантних до механічних факторів, коливань вологості або підвищених температур. Це зумовлює збільшення ролі опортуністичних бактеріальних груп і зменшення частки спеціалізованих симбіонтів [37].

Особливе значення в міських ландшафтах має фізична структура ґрунту. Ущільнення поверхневих горизонтів, характерне для рекреаційних зон, знижує пористість і аерацію, що веде до перерозподілу домінуючих мікробних груп: зменшується активність аеробних бактерій, збільшується частка анаеробних та факультативно анаеробних організмів. Ущільнення також ускладнює проникнення корневих ексудатів у глибші горизонти, що обмежує розвиток мікробних співтовариств у нижньому шарі ризосфери [38].

У комплексі ці чинники визначають просторові закономірності розподілу мікробної активності в межах міських парків. У різних мікроландшафтних умовах — на схилах, у днищах балок, на терасах або у вирівняних рекреаційних зонах — формуються відмінні екологічні ніші, що зумовлюють диференціацію

мікробної структури. Урбоедафотопи характеризуються не лише специфічним фоном антропогенних впливів, але й різноманіттям внутрішніх мікроекологічних умов, що формують унікальні ґрунтові мікробні угруповання.

Дослідження таких угруповань у міських умовах, зокрема у місті Дніпро, дає змогу оцінити ступінь трансформації ґрунтових процесів, визначити стійкість ґрунтів до рекреаційного навантаження та урбанізаційних змін, а також зрозуміти внесок різних типів рослинності у формування біотичної активності урбоекосистем [39].

### 1.9 Біотичне різноманіття ґрунтів на урбанізованих територіях

Біотичне різноманіття ґрунтів на урбанізованих територіях формується під впливом високої просторової мозаїчності, антропогенних перетворень та порушених природних градієнтів. На відміну від природних екосистем, міські ґрунти зазнають інтенсивного фізичного, хімічного й біологічного впливу, що трансформує видовий склад ґрунтових організмів та змінює характер їхніх взаємодій. Урбанізовані ґрунти поєднують різні за походженням матеріали, часто містять техногенні включення, відрізняються високим ступенем перемішування та гетерогенності. У таких умовах біорізноманіття не знижується однозначно, але набуває специфічних рис, що відображають особливості міського середовища [40].

Однією з ключових рис урбанізованих ґрунтових екосистем є відсутність чіткої просторової логіки та природних екологічних градієнтів, що має наслідком формування унікальних мікробних комплексів. Композиційні відмінності серед мікроорганізмів нерідко визначаються не стільки абіотичними чинниками, скільки локальною історією ділянки, рівнем її перетворення та мікроландшафтними особливостями. У таких умовах ґрунтові мікробні спільноти формуються за участю значного компонента випадковості, а процеси

колонізації, витіснення та виживання стають менш передбачуваними порівняно з природними ґрунтами [41].

Важливою рисою біотичного різноманіття міських ґрунтів є комбінація високої таксономічної насиченості з одночасною фрагментацією мікробних взаємодій. Дослідження дослідників із кафедри мікробіології, Університет Інсбрука в Австрії показують, що навіть за умов значного антропогенного впливу мікробна багатість (як грибів, так і бактерій) може залишатися на рівні, порівнянному або навіть вищому, ніж в інших зелених зонах міста. Це пояснюється доступністю органічних субстратів, надходженням біоматеріалу з різних джерел, а також частими антропогенними переміщеннями ґрунту, що сприяють імміграції різних мікробних груп.

Однак високий рівень таксономічного різноманіття поєднується з низькою складністю мікробних мереж та слабкою структурованістю взаємодій між окремими таксонами. На відміну від природних екосистем, де формуються великі стійкі модулі мікробних зв'язків, мережі в міських ґрунтах характеризуються малою кількістю вузлів, слабкою модульністю та частою ізольованістю окремих операційних таксономічних одиниць. Це означає, що ґрунтові організми в урбанізованих умовах менш інтегровані в стабільні функціональні комплекси, а їхні асоціації часто носять випадковий характер. Така фрагментація мікробних зв'язків може знижувати екосистемну стійкість і здатність ґрунту підтримувати складні біогеохімічні цикли [42].

Серед грибів у міських ґрунтах зазвичай домінують *Ascomycota*, які добре адаптовані до динамічних середовищ і часто представлені опортуністичними, швидкоростучими видами. Їхнє поширення відображає здатність ефективно колонізувати різні субстрати та толерувати значні антропогенні порушення. Також важливу роль відіграють представники *Mortierellomycota*, відомі як ключові деструктори органічної речовини. Натомість частка великих структуроутворюючих *Basidiomycota* часто зменшена, що вказує на трансформацію трофічної бази та переорієнтацію ґрунтової системи на швидкі шляхи обігу вуглецю.

Бактеріальні спільноти урбанізованих територій представлені переважно *Proteobacteria*, *Actinobacteriota*, *Acidobacteriota*, а також низкою груп, стійких до коливань вологості, температури та антропогенних disturbanc-ів. Висока частка *Proteobacteria* часто пов'язана з підвищеною доступністю легкорозкладних органічних сполук і змінами у водному режимі ґрунту. Натомість традиційні для природних середовищ спеціалізовані групи можуть поступатися опортуністичним бактеріям, швидко реагуючи на зміни умов.

Характерною рисою урбанізованого біорізноманіття є також глобальні тенденції до біотичної гомогенізації. У різних містах світу вже спостерігається зменшення географічної варіабельності ґрунтових мікробних угруповань та поява подібних домінантних таксонів у парках, газонах та інших зелених зонах. Уніфікація умов проживання, подібні режими використання територій, а також постійні пересування ґрунтів і рослинного матеріалу сприяють поширенню однотипних мікробних комплексів незалежно від регіону.

Узагальнюючи, біотичне різноманіття ґрунтів на урбанізованих територіях поєднує високу кількість таксонів, значний рівень випадковості у формуванні спільнот і низьку структурну організацію взаємодій між мікроорганізмами. Таке поєднання є наслідком глибокого антропогенного впливу та порушення природних екологічних механізмів регуляції. Розуміння цих особливостей є принциповим для оцінювання екологічного стану міських ґрунтів, визначення їхньої функціональної стійкості та планування заходів зі збереження та відновлення біотичної активності урбоекосистем [43].

## 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень

Об'єктом дослідження є урбоедафотопи трьох зелених зон міста Дніпро: Парку Лазаря Глоби, Парку Сагайдак та урочища Тунельна балка. Ці території відрізняються за структурою рослинного покриву, рівнем антропогенного навантаження, типом ґрунтів та рельєфом, що дозволяє комплексно оцінити особливості формування та функціонування міських ґрунтових мікробіоценозів у контрастних екологічних умовах.

Парк Лазаря Глоби - одна з найстаріших зелених зон Дніпра, розташована в центральній частині міста. Територія має відносно рівний рельєф, що характерно для заплавної ділянки навколо колишнього русла річки Половиці. У парку переважають сформовані штучні деревостани з високою зімкненістю крон та значною тінізацією підліску. Антропогенне навантаження є інтенсивним: регулярне відвідування рекреантами, ущільнення ґрунту, розвиток техногенно трансформованих ділянок. Це прямо впливає на структуру рослинності та стан ґрунтових мікробних комплексів, зокрема спричиняє зменшення проникності ґрунту, зниження біотичної активності та скорочення чисельності чутливих до порушень груп мікроорганізмів.

Парк Сагайдак розташований на лівобережній частині міста й характеризується відкритішим простором, наявністю значних площ газонів та деревних насаджень різного віку. Рельєф у межах парку переважно рівний, проте з окремими незначними перепадами висот через терасовані ділянки та рекреаційні локації. Антропогенний вплив у парку є помірним, локалізованим

переважно вздовж пішохідних маршрутів. Зважаючи на це, ґрунтові умови є дещо стабільнішими, ніж у центральних парках, що створює передумови для формування більш збалансованих мікробних угруповань, а також сприяє збереженню природних процесів самоочищення та біотичного круговороту речовин.

На рисунку 2.1 зображено місця розташування об'єктів досліджень

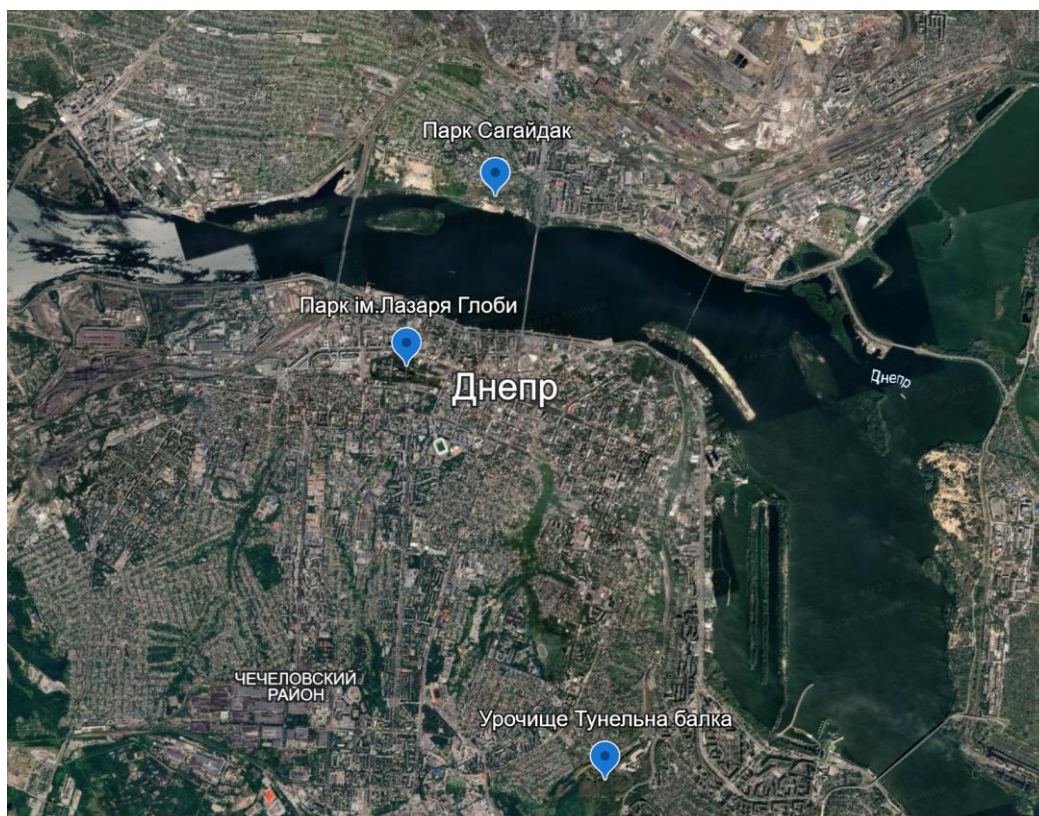


Рисунок 2.1 – Місця розташування об'єктів досліджень

На відміну від двох попередніх об'єктів, урочище Тунельна балка є природним елементом ландшафту з чітко вираженим балковим рельєфом, сформованим унаслідок післяльодовикових процесів та дії ґрунтових вод. Територія має складну мікрорельєфну структуру: круті схили з різною експозицією, тальвег, ділянки з сезонним перезволоженням та фрагменти степової, лучної й лісової рослинності. Це формує широкий спектр локальних екологічних ніш, що відображається у високому флористичному різноманітті та мозаїчності ґрунтових умов. Наукові дослідження, проведені раніше в урочищі, засвідчують наявність як аборигенних, так і інтродукованих деревних видів,

значну частку рудеральної рослинності та активні процеси самовідновлення дерев.

Рівень антропогенного навантаження тут просторово неоднорідний: від мінімального на верхніх ділянках схилів до високого в тальвезі, де спостерігається витоптування, засмічення та локальне порушення ґрунтового покриву [44].

Разом узяті, ці три локації представляють різні типи міських екосистем — від сильно трансформованих паркових до напівприродних балкових — що дозволяє оцінити вплив рельєфу, рекреаційного тиску та рослинного покриву на формування біотичної активності ґрунтів. Контрастність умов забезпечує можливість виявлення закономірностей просторової організації ґрунтових мікробіоценозів та їхньої чутливості до урбанізаційних факторів, що є ключовим для цілей дослідження.

## 2.2 Ґрунтові умови досліджуваних територій

Ґрунтовий покрив досліджуваних територій – Парку Лазаря Глоби, Парку Сагайдак та урочища Тунельна балка – формувався під впливом поєднання природних геоморфологічних умов та багаторічного антропогенного навантаження, що є характерним для урболандшафтів міста Дніпро. Міські ґрунти (урбоґрунти або урбоедафотопи) являють собою складні техногенно змінені системи, у яких природні процеси ґрунтоутворення взаємодіють із штучними модифікаціями – рекреаційним використанням, ущільненням, механічним порушенням, періодичним пересуванням техніки та накопиченням побутових відходів [45].

Парк Лазаря Глоби розташований у центральній частині міста на відносно вирівняних поверхнях із слабо вираженими мікрорельєфними формами. Первісно територія була зайнята заплавними і алювіальними відкладами, що

зумовило формування гумусових шарів середньої потужності та помірної вологості. Проте тривале рекреаційне навантаження призвело до деградації дернового горизонту, ущільнення структури та порушення водно-повітряного режиму. Урбаністичний характер ґрунтів проявляється у наявності значної кількості техногенних домішок (будівельний бруд, дрібне каміння, фрагменти скла й металу), а також у підвищеному рН, що властиво для ґрунтів із високою часткою карбонатних матеріалів антропогенного походження. За таких умов мікробіологічна активність є просторово мозаїчною: найбільш інтенсивні процеси відбуваються у приствольних ділянках дерев та в осередках часткового відновлення підстилки.

Парк Сагайдак, розташований на лівобережжі Дніпра, характеризується переважанням піщаних і супіщаних відкладів алювіального походження. Ці ґрунти мають низьку природну вологозатримувальну здатність, що особливо проявляється в умовах інтенсивної інсоляції та значної відкритості території. Механічна однорідність піщаних ґрунтів сприяє їх швидкому промиванню, що обмежує накопичення поживних речовин та знижує доступність органічного субстрату для ґрунтових мікроорганізмів. Разом із тим, рекреаційний характер парку обумовив подальше ущільнення верхнього горизонту, погіршення аерації та підвищення поверхневого стоку. Біотична активність у таких умовах визначається переважно кореневими виділеннями деревних насаджень, які локально покращують умови для формування мікробіальних консорціумів у ризосфері.

Найбільш різноманітні ґрунтові умови властиві урочищу Тунельна балка – природному елементу ландшафту, рельєф якого сформувався під впливом льодовикового відступлення та подальших ерозійно-денудаційних процесів. Як зазначено у дослідженнях флористичної структури балки, територія характеризується мозаїчним поєднанням степових, лучних та лісових біотопів, що безпосередньо визначає і ґрунтову розмаїтість. На схилах переважають малопотужні, добре дреновані, часто еродовані ґрунти ксероморфного типу. У

тальвезі балки формуються більш вологі, гумусовмісні й потужні горизонти, у складі яких можуть накопичуватися органічні речовини та мікробіальна біомаса.

Антропогенний вплив у Тунельній балці виражений нерівномірно: у зонах активної рекреації фіксується значне витоптування, механічне порушення ґрунтового профілю і зростання частки рудеральної рослинності, що вказує на зміну трофічного статусу та підвищення мінералізаційних процесів. Натомість у частково ізольованих ділянках схилів і карнизів зберігаються фрагменти малопорушених ґрунтів, де мікробіологічні процеси наближаються до умов природних степових екосистем. Саме тут добре виражений вплив корневих систем дерев і чагарників, які суттєво змінюють біогеохімічні процеси, структуру мікробних угруповань та глибину проникнення органічних речовин у ґрунтовий профіль.

Ґрунтові умови трьох досліджуваних територій об'єднує антропогенно модифікована природа урбодафотопів, проте вони суттєво різняться за гранулометричним складом, водним режимом, ступенем деградованості та потенціалом відновлення. Ці відмінності визначають специфіку мікробіологічних процесів, активність ґрунтової біоти та формування біотичних взаємодій у системі «рослина – ґрунтовий мікробіом», що має ключове значення для подальшого аналізу біотичної активності урбодафотопів міста Дніпра [46].

### 2.3 Кліматичні умови

Територія міста Дніпро, у межах якої розташовані досліджувані об'єкти - парк Лазаря Глоби, парк Сагайдак та урочище Тунельна балка - перебуває в зоні помірно-континентального клімату зі спекотним посушливим літом і порівняно м'якою, малосніжною зимою. Кліматичні характеристики регіону формуються під впливом поєднання степових ландшафтів, інтенсивної урбанізації, фрагментованого рельєфу та віддаленості від великих природних водно-

болотних систем. У сукупності ці чинники обумовлюють специфічні мікрокліматичні умови, що мають значний вплив на процеси ґрунтоутворення, біотичну активність урбоедафотопів і розвиток рослинних угруповань.

Середньорічна температура повітря у Дніпрі становить близько  $+9,5\dots+10,5$  °С, причому для останніх десятиліть характерна стійка тенденція до підвищення температури, що пов'язано з глобальними кліматичними змінами та урбанізаційним ефектом «теплого острова». Найхолодніший період припадає на січень, із середніми температурами  $-3\dots-5$  °С, хоча можливі короточасні зниження до  $-15$  °С і нижче. Найтеплішим є липень, коли середня температура досягає  $+22\dots+24$  °С, а максимальні показники в окремі дні можуть перевищувати  $+35$  °С. Такі теплові умови сприяють активним мікробіологічним процесам у ґрунтах протягом більшої частини року, особливо в урбанізованих зонах, де ґрунт прогрівається швидше.

Річна кількість опадів становить у середньому 450–520 мм, що є відносно невисоким показником для регіону з активними рекреаційними та урбаністичними навантаженнями на ґрунтовий покрив. Більшість опадів припадає на теплий період року (травень–липень), але нерівномірність їх випадіння зумовлює чергування періодів надлишкового зволоження із тривалими посушливими фазами. Для Тунельної балки, де спостерігається складний мікрорельєф, характерні локальні відмінності у зволоженні: у тальвезі та нижніх частинах схилів формується підвищена вологість, тоді як верхні ділянки схильні до пересихання. Це зумовлює просторову мозаїчність ґрунтових мікробних угруповань та створює різні умови для росту автохтонних і адвентивних рослин [47].

Режим вітрів у Дніпрі характеризується переважанням західних і північно-західних напрямків. Середньорічна швидкість вітру становить 3–5 м/с, проте у відкритих частинах парку Сагайдак та на оголених схилах Тунельної балки швидкість повітряних потоків може бути вищою. Вітровий режим має значення для переміщення пилових частинок, насіння рослин та аеробних

мікроорганізмів, що впливає на формування рослинності та структуру мікробіоценозів ґрунту.

Суттєвим чинником є й міський «тепловий острів», який зумовлює підвищення температури повітря в центральній частині міста (зокрема у парку Лазаря Глоби) порівняно з периферійними природними ділянками. Це призводить до прискорення мінералізації органічної речовини, інтенсивнішого мікробного дихання та активнішого розкладу корневих виділень, що є ключовими факторами біотичної активності урбоедафотопів.

Кліматичні умови досліджуваних територій характеризуються поєднанням континентальності, урбаністичних впливів та мікрорельєфних особливостей. Для трьох обраних ділянок - парку Лазаря Глоби, парку Сагайдак і Тунельної балки - ці умови формують різні мікрокліматичні сценарії, що визначають особливості розвитку рослинності, сезонну динаміку ґрунтових мікробних спільнот і рівень біологічної активності ґрунтів [48].

## 2.4 Методи проведення досліджень

Дослідження виконувалися у трьох міських парках Дніпра — Парку Лазаря Глоби, Парку Сагайдак та урочищі Тунельна балка — на репрезентативних ділянках, відібраних за принципами стратифікованої вибірки. Ділянки відбирали з урахуванням різного рівня рекреаційного навантаження, типу рослинності, рельєфної позиції та ступеня антропогенного перетворення ґрунту.

Відбір ґрунтових проб здійснювали відповідно до вимог ДСТУ ISO 10381-1:2003 «Якість ґрунту. Відбирання проб», що передбачає репрезентативність, стандартизовану глибину та мінімізацію змішування горизонтів. Для поверхневого шару відбір виконували на глибині 0–20 см, тоді як для аналізу вертикальної диференціації мікробіому проби додатково

відбирали на глибинах 20–40 см та 40–60 см. На кожній ділянці формували композитні зразки, змішуючи 5–7 підзразків, що дозволяло зменшити вплив мікрорельєфної та антропогенної варіабельності, характерної для міських ґрунтів [49].

Таксономічний аналіз деревних рослин виконували методом повної інвентаризації дерев і кущів у межах виділених площ, за методикою, викладеною у роботі «Аналіз дендрофлори урочища Тунельна балка».

Для кожного виду визначали належність до аборигенної або інтродукованої флори, вік, кількість особин та наявність самосійного відновлення. Також оцінювали частку інвазійних видів, відповідно до підходів сучасної урбаністичної фітосозології.

Для вивчення флористичної структури та сезонної динаміки трав'яного покриву застосовували загасцетедлені геоботанічні методики, описані у другому використаному джерелі.

На пробних площах 10×10 м реєстрували повний видовий склад трав'яних рослин, їх проективне покриття, домінантні види та відносну участь родин. Видову належність рослин визначали за «Визначником вищих рослин України» (1987). Екологічну структуру оцінювали за екоморфологічною схемою О. Л. Бельгарда та В. В. Тарасова [50].

Мікробіологічні дослідження ґрунтів проводили відповідно до вимог ДСТУ 7828:2015 «Ґрунти. Методи визначення кількості мікроорганізмів». Загальну кількість бактерій визначали методом серійних розведень із посівом на м'ясо-пептонний агар; кількість актиноміцетів — на середовищі КГА; мікроскопічних грибів — на середовищі Чапека. Кількість мікроорганізмів розраховували у колонієутворюючих одиницях на грам сирого ґрунту. Дослідження проводили окремо для кожного горизонту, що дозволяло оцінити вплив корневих виділень різних деревних порід на вертикальний профіль мікробоценозу [51].

Ферментативну активність ґрунтів визначали за загальноприйнятими методами ензимологічного аналізу, регламентованими ДСТУ ISO 20130:2019

«Якість ґрунту. Визначення ферментативної активності». Активність каталази оцінювали газометричним методом за кількістю кисню, що виділяється при розкладанні перекису водню. Активність уреаз визначали за кількістю аміаку, що утворюється внаслідок ферментативного розщеплення сечовини. Активність дегідрогеназ — за трифенілтетразолій-хлоридною реакцією (ТТХ-метод), що характеризує інтенсивність дихальних процесів у ґрунтових мікроорганізмів. Ці показники використовували як індикатори біотичної активності, пов'язаної зі ступенем антропогенного навантаження та структурою рослинності.

Для визначення взаємозв'язку між деревними домінантами та структурою ґрунтового мікробіому застосовували порівняльний аналіз проб, відібраних під різними видами дерев. Оцінювали зміни чисельності груп мікроорганізмів та активності ферментів залежно від особливостей корневих виділень, щільності деревостану та інтенсивності рекреаційних впливів [52].

Статистична обробка результатів включала описову статистику, кореляційний аналіз, визначення вірогідності відмінностей (t-критерій Стьюдента) та обчислення індексів подібності флористичних угруповань (індекс Жаккара), що дозволяло оцінити ступінь схожості рослинних асоціацій та можливі процеси флористичної гомогенізації.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### 3.1 Таксономічний склад деревних рослин досліджуваних парків

Деревна та чагарникова рослинність є ключовим компонентом урбоекосистем, оскільки саме вона формує мікроклімат, умови ґрунтоутворення та визначає напрям біотичних процесів у міських ґрунтах. Таксономічна структура насаджень відображає як природні особливості території, так і історію її озеленення, рівень антропогенного впливу та ступінь інтродукції рослин. У межах міста Дніпро, де рельєф і гідрологічні умови суттєво варіюють, деревна рослинність різних парків формує неоднакові за екологічними властивостями урбоедафотопи, що зумовлює відмінності в їхній біотичній активності.

У таблиці 3.1 наведено дані про таксономічний склад дерев та чагарників парку ім. Лазаря Глоби

Таблиця 3.1 - Таксономічний склад дерев та чагарників парку ім. Лазаря Глоби

№	Вид	Українська назва	Родина	Статус
1	<i>Acer platanoides</i>	Клен гостролистий	<i>Sapindaceae</i>	Абориген
2	<i>Acer negundo</i>	Клен ясенелистий	<i>Sapindaceae</i>	Інтродуцент (інвазивний)
3	<i>Tilia cordata</i>	Липа дрібнолиста	<i>Malvaceae</i>	Абориген
4	<i>Quercus robur</i>	Дуб звичайний	<i>Fagaceae</i>	Абориген
5	<i>Fraxinus excelsior</i>	Ясен звичайний	<i>Oleaceae</i>	Абориген
6	<i>Ulmus minor</i>	В'яз дрібнолистий	<i>Ulmaceae</i>	Абориген

7	<i>Populus nigra</i>	Тополя чорна	<i>Salicaceae</i>	Абориген
8	<i>Populus × canadensis</i>	Тополя канадська	<i>Salicaceae</i>	Інтродуцент
9	<i>Betula pendula</i>	Береза повисла	<i>Betulaceae</i>	Абориген
10	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Робінія (білоакація)	<i>Fabaceae</i>	Інтродуцент
11	<i>Sophora japonica</i>	Софора японська	<i>Fabaceae</i>	Інтродуцент
12	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Каштан кінський	<i>Sapindaceae</i>	Інтродуцент
13	<i>Salix alba</i>	Верба біла	<i>Salicaceae</i>	Абориген
14	<i>Syringa vulgaris</i>	Бузок звичайний (кущ)	<i>Oleaceae</i>	Інтродуцент
15	<i>Philadelphus coronarius</i>	Чубушник	<i>Hydrangeaceae</i>	Інтродуцент

Дані відображають видове різноманіття деревних рослин парку імені Лазаря Глоби та структуру їх походження. У складі дендрофлори переважають інтродуковані види, що історично використовувалися під час формування декоративних насаджень у центральній частині міста. Водночас парк зберіг і значну частку аборигенних видів, характерних для Правобережного Придніпров'я. Найпоширенішими таксонами є представники родин *Sapindaceae*, *Salicaceae*, *Betulaceae* та *Oleaceae*. Домінують клени (*Acer platanoides*, *A. negundo*), липи (*Tilia cordata*), ясени (*Fraxinus excelsior*), які формують основний ярус насаджень. Серед чагарників найчастіше зустрічаються бузина чорна, бирючина та шипшина. Загалом флора парку характеризується високим рівнем інтродукції, але зберігає стабільне ядро автохтонних видів, що відіграють важливу екологічну роль у підтриманні локальних біогеоценозів.

У таблиці 3.2 наведено дані про таксономічний склад дерев та чагарників парку Сагайдак.

Таблиця 3.2. - Таксономічний склад дерев та чагарників парку Сагайдак

№	Вид	Українська назва	Родина	Статус
1	<i>Salix fragilis</i>	Верба ламка	<i>Salicaceae</i>	Абориген
2	<i>Salix alba</i>	Верба біла	<i>Salicaceae</i>	Абориген
3	<i>Populus alba</i>	Тополя біла	<i>Salicaceae</i>	Абориген
4	<i>Populus nigra</i>	Тополя чорна	<i>Salicaceae</i>	Абориген
5	<i>Acer negundo</i>	Клен ясенелистий	<i>Sapindaceae</i>	Інтродуцент (інвазивний)
6	<i>Acer platanoides</i>	Клен гостролистий	<i>Sapindaceae</i>	Абориген
7	<i>Ulmus pumila</i>	В'яз шовковий	<i>Ulmaceae</i>	Інтродуцент
8	<i>Fraxinus lanceolata</i>	Ясен ланцетний	<i>Oleaceae</i>	Інтродуцент
9	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Робінія	<i>Fabaceae</i>	Інтродуцент
10	<i>Ailanthus altissima</i>	Айлант вищий	<i>Simaroubaceae</i>	Інтродуцент (інвазивний)
11	<i>Sambucus nigra</i>	Бузина чорна (кущ)	<i>Adoxaceae</i>	Абориген
12	<i>Rosa canina</i>	Шипшина звичайна (кущ)	<i>Rosaceae</i>	Абориген
13	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Лох вузьколистий	<i>Elaeagnaceae</i>	Інтродуцент

Рослинність парку Сагайдак представлена 13 видами дерев і чагарників, що належать до 10 родин. Переважають аборигенні види родини *Salicaceae* — верби (*Salix fragilis*, *Salix alba*) та тополі (*Populus alba*, *Populus nigra*), які характерні для вологих заплавних ділянок і відіграють важливу роль у підтриманні ґрунтової вологи та стабілізації ґрунту.

Серед кленів представлений аборигенний *Acer platanoides* та інвазійний *Acer negundo*, який активно поширюється в міських умовах і може змінювати структуру фітоценозів. Значну частку становлять інтродуценти (*Ulmus pumila*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*), частина яких — інвазійні та здатні домінувати в рослинних угрупованнях.

У підліску трапляються аборигенні чагарники — бузина чорна (*Sambucus nigra*) і шипшина звичайна (*Rosa canina*), а також інтродукований *Elaeagnus angustifolia*. Чагарниковий ярус збагачує ґрунт органічною речовиною та підтримує мікробну активність.

Загалом флора парку поєднує природні заплавні види та значну кількість інтродуцентів, що формує різноманітні умови для ґрунтоутворення та впливає на біотичну активність урбоедафотопів.

У таблиці 3.3 наведено дані про таксономічний склад деревної рослинності урочища Тунельна балка.

Таблиця 3.3 - Таксономічний склад деревної рослинності урочища Тунельна балка

№	Вид	Українська назва	Родина	Статус
1	<i>Acer negundo</i>	Клен ясенелистий	<i>Sapindaceae</i>	Інтродуцент (інвазивний)
2	<i>Acer platanoides</i>	Клен гостролистий	<i>Sapindaceae</i>	Абориген
3	<i>Acer tataricum</i>	Клен татарський	<i>Sapindaceae</i>	Абориген
4	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Робінія	<i>Fabaceae</i>	Інтродуцент
5	<i>Ulmus minor</i>	В'яз дрібнолистий	<i>Ulmaceae</i>	Абориген
6	<i>Fraxinus excelsior</i>	Ясен звичайний	<i>Oleaceae</i>	Абориген
7	<i>Ailanthus altissima</i>	Айлант	<i>Simaroubaceae</i>	Інтродуцент
8	<i>Populus nigra</i>	Тополя чорна	<i>Salicaceae</i>	Абориген

9	<i>Populus alba</i>	Тополя біла	<i>Salicaceae</i>	Абориген
10	<i>Salix alba</i>	Верба біла	<i>Salicaceae</i>	Абориген
11	<i>Salix fragilis</i>	Верба ламка	<i>Salicaceae</i>	Абориген
12	<i>Armeniaca vulgaris</i>	Абрикос звичайний	<i>Rosaceae</i>	Інтродуцент
13	<i>Prunus cerasifera</i>	Алича	<i>Rosaceae</i>	Інтродуцент
14	<i>Malus domestica</i>	Яблуня	<i>Rosaceae</i>	Інтродуцент
15	<i>Morus alba</i>	Шовковиця біла	<i>Moraceae</i>	Інтродуцент
16	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Лох	<i>Elaeagnaceae</i>	Інтродуцент
17	<i>Rhamnus cathartica</i>	Жостір	<i>Rhamnaceae</i>	Абориген
18	<i>Sambucus nigra</i>	Бузина чорна (кущ)	<i>Adoxaceae</i>	Абориген
19	<i>Rosa canina</i>	Шипшина (кущ)	<i>Rosaceae</i>	Абориген

Деревна рослинність урочища Тунельна балка представлена 19 видами, серед яких поєднуються як аборигенні, так і інтродуковані види. Основу фітоценозу формують види родин *Sapindaceae*, *Salicaceae*, *Rosaceae* та *Fabaceae*.

У складі дерев домінують аборигенні представники — *Acer platanoides*, *Acer tataricum*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior*, а також заплавні види *Populus nigra*, *Populus alba*, *Salix alba* і *Salix fragilis*. Вони характерні для природних балкових екосистем і забезпечують стабільність ґрунтових умов, вологість і надходження органічної речовини.

Суттєву частку становлять інтродуценти, зокрема інвазійні *Acer negundo* та *Ailanthus altissima*, які активно поширюються в урбанізованому середовищі й можуть змінювати природний склад рослинності. До інтродукованих плодових

видів належать *Armeniaca vulgaris*, *Prunus cerasifera*, *Malus domestica* і *Morus alba*, які з'явилися внаслідок колишніх насаджень або самосіву.

У чагарниковому ярусі трапляються аборигенні *Sambucus nigra*, *Rosa canina* та *Rhamnus cathartica*, які збагачують ґрунт органічними рештками й підтримують структуру біоценозу. Інтродукований *Elaeagnus angustifolia* також добре прижився на сухіших схилах балки.

Загалом рослинність Тунельної балки поєднує природні деревно-чагарникові угруповання з великою часткою інтродуцентів, що створює строкату структуру насаджень та формує різноманітні умови для ґрунтових процесів і біотичної активності.

У таблиці 3.4 наведено дані про порівняння частки деревних видів за походженням на дослідних ділянках.

Таблиця 3.4 - Порівняння частки деревних видів за походженням на дослідних ділянках

Парк	Кількість видів	Статус		Коментар
		Аборигенні, %	Інтродуковані, %	
Парк Лазаря Глоби	15	53%	47%	Найбільш збалансований склад, багато декоративних рослин
Парк Сагайдак	13	54%	46%	Переважають види вологих біотопів уздовж набережної
Тунельна балка	19	47,4%	52,5%	Найбільша частка інвазивних дерев, особливо <i>Acer negundo</i>

Порівняння частки деревних видів за походженням у трьох дослідних парках показує відмінності їхньої флористичної структури та рівня антропогенного впливу. У парку Лазаря Глоби зафіксовано 15 видів, серед яких

співвідношення аборигенних та інтродукованих видів є майже рівним (53% і 47%). Це свідчить про збалансований склад насаджень і значну присутність декоративних дерев, характерних для центрального міського парку.

У парку Сагайдак виявлено 13 видів, і частка аборигенних видів становить 54%. Такий склад пов'язаний із розташуванням уздовж водної акваторії та переважанням видів, характерних для вологих та заплавної біотопів.

Найбільше видове різноманіття має урочище Тунельна балка — 19 видів. Тут частка інтродуцентів є найвищою (52,5%), що свідчить про активне проникнення інвазійних видів, зокрема *Acer negundo*, які активно заселяють антропогенно трансформовані схили та порушені ділянки.

Структура деревної рослинності в трьох парках демонструє різний рівень природності та ступінь впливу інтродукованих видів, що визначає особливості ґрунтових умов і потенційну біотичну активність урбоедафотопів.

### 3.2 Флористична структура та сезонна динаміка трав'яного покриву

Різні біотопи характеризуються своєю флористичною структурою та особливостями трав'яного покриву. Кількість видів і родин, домінуючі та рясні види, а також екологічні групи рослин відображають сезонні зміни та умови середовища — освітленість, вологість, родючість ґрунту і вплив людини. Аналіз цих показників дозволяє зрозуміти, як формуються рослинні угруповання та яка їх роль у підтриманні біотичної активності та стабільності екосистеми.

У таблиці 3.5 наведено дані про кількість видів та родин у різних біотопах урочища Тунельна балка.

Таблиця 3.5. Кількість видів та родин у різних біотопах урочища  
Тунельна балка

Біотоп	Кількість видів		Кількість родин	
	Квітень	Липень	Квітень	Липень
Степовий	30	40	13	15
Лучний	33	52	18	21
Лісовий (штучне насадження)	20	40	14	21

Дані демонструють сезонні зміни флористичного різноманіття в основних біотопах урочища Тунельна балка. У квітні кількість видів у степовому та лучному біотопах є приблизно однаковою (30–33 види), тоді як у липні їх різноманіття суттєво зростає, особливо в лучному біотопі — до 52 видів. Лісове штучне насадження вирізняється нижчими весняними показниками (20 видів), проте влітку видове багатство подвоюється.

Аналогічна тенденція спостерігається і для кількості родин: у всіх біотопах їх число збільшується з весни до літа. Найбільш родинно насиченим залишається лучний біотоп (18 родин у квітні та 21 у липні), що свідчить про його високу екологічну різноманітність. Степовий біотоп показує менший, але стабільний приріст, тоді як лісові насадження влітку демонструють найбільший стрибок — з 14 до 21 родини.

У таблиці 3.6 наведено дані про домінантні та рясні види трав'яного покриву в біотопах.

Таблиця 3.6 - Домінантні та рясні види трав'яного покриву в біотопах

Біотоп	Домінантні види (весна)	Домінантні види (літо)	Рясні/субдомінантні види
Степовий	<i>Poa angustifolia</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Festuca valesiaca</i>	<i>Poa angustifolia</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Achillea</i> <i>submillefolium</i>	<i>Salvia nemorosa</i> , <i>Taraxacum</i> <i>officinale</i> , <i>Artemisia</i> <i>austriaca</i> , <i>Ambrosia</i> <i>artemisiifolia</i>

Лучний	<i>Festuca pratensis</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Poa angustifolia</i>	<i>Festuca pratensis</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Elytrigia repens</i>	<i>Geranium pratense</i> , <i>Ballota nigra</i> , <i>Bromopsis inermis</i> , <i>Dactylis glomerata</i>
Лісовий	Проростки дводольних, <i>Chelidonium majus</i> , <i>Ballota nigra</i>	<i>Ballota nigra</i> , <i>Viola mirabilis</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Festuca pratensis</i>	<i>Taraxacum officinale</i> , <i>Galium aparine</i> , злаки

Дані характеризують структуру трав'яного покриву в основних біотопах урочища, відображаючи домінуючі та рясні види у весняний та літній періоди. У степовому біотопі навесні переважають типові ксерофітні злаки — *Poa angustifolia*, *Elytrigia repens* та *Festuca valesiaca*. Влітку склад домінуючих частково змінюється: зберігається *Poa angustifolia*, але з'являються *Lolium perenne* та *Achillea submillefolium*, що свідчить про активне зростання мезофільніших видів у період підвищеної вологості. Рясні види представлені лучно-степовими та рудеральними рослинами — *Salvia nemorosa*, *Taraxacum officinale*, *Artemisia austriaca*, а також інвазивною *Ambrosia artemisiifolia*.

Лучний біотоп у різні сезони демонструє найбільш стабільний склад домінуючих. І навесні, і влітку провідними видами залишаються злаки — *Festuca pratensis*, *Elytrigia repens* та *Poa angustifolia*, а влітку до них приєднується *Lolium perenne*. Рясні види — *Geranium pratense*, *Ballota nigra*, *Bromopsis inermis* та *Dactylis glomerata* — відображають високу продуктивність та біорізноманіття лучного фітоценозу.

У лісовому біотопі трав'яний покрив формується інакше. Навесні переважають проростки дводольних рослин та тіньовитривалі види, такі як *Chelidonium majus* і *Ballota nigra*. Улітку домінуючими стають *Ballota nigra*, *Viola mirabilis*, а також окремі злаки (*Elytrigia repens*, *Festuca pratensis*), що реагують на збільшення світла під наметом. Рясні види представлені тіньолюбними та

рудеральними видами, зокрема *Taraxacum officinale*, *Galium aparine* та різними видами злаків.

У таблиці 3.7 наведено дані про частку провідних родин у травостої у відсотковому відношенні.

Таблиця 3.7 - Частка провідних родин у травостої у відсотковому відношенні

Біотоп	Весняний період			Літній період		
	<i>Poaceae</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Fabaceae</i>
Степовий	20%	17%	13%	20%	25%	13%
Лучний	21%	12%	6%	8%	21%	13%
Лісовий	16%	11%	—	12%	20%	8%

Дані відображають частку трьох провідних родин — *Poaceae*, *Asteraceae* та *Fabaceae* — у складі трав'яного покриву різних біотопів у весняний і літній періоди. У степовому біотопі домінування злаків (*Poaceae*) залишається стабільним протягом сезону — 20%, тоді як частка айстрових (*Asteraceae*) влітку зростає з 17% до 25%, що пов'язано з активним цвітінням літніх рудерально-степових видів. Частка бобових (*Fabaceae*) зберігається на рівні 13% у обидва періоди.

У лучному біотопі навесні переважають *Poaceae* (21%), але влітку їх частка знижується до 8%, що відображає появу великої кількості айстрових літнього аспекту (зростання з 12% до 21%). Водночас частка *Fabaceae* збільшується з 6% до 13%, що характерно для збагачення лучного травостою азотфіксуючими видами влітку.

Лісовий біотоп демонструє інший характер змін: частка *Poaceae* зменшується з 16% навесні до 12% влітку через затіненість під пологом дерев, натомість *Asteraceae* суттєво зростають (з 11% до 20%). *Fabaceae* навесні практично не представлені, але влітку їх частка підвищується до 8%, що свідчить про проникнення більш тіньовитривалих видів цієї родини.

У таблиці 3.8 наведено дані про екологічні групи трав'яного покриття.

Таблиця 3.8 - Екологічні групи трав'яного покриття

Екоморфи	Степовий біотоп	Лучний біотоп	Лісовий біотоп
Гігроморфи	Домінують ксерофіти та мезоксерофіти; влітку збільшення частки ксерофітів	Навесні домінують мезофіти, влітку — мезоксерофіти	Переважають мезофіти та ксеромезофіти
Трофоморфи	Мезотрофи та мегатрофи	Мезотрофи (стала домінація)	Мезотрофи переважають увесь сезон
Геліоморфи	Геліофіти (понад 60–85%)	Геліофіти (60–65%)	Баланс геліофітів та сціогеліофітів
Ценоморфи	Висока частка рудерантів (43–53%), степанти ~30%	Навесні — пратанти, влітку — рудеранти (до 50%)	Рудеранти 42–58%, лісові види навесні до 39%

Дані демонструють, як різні екологічні групи трав'яного покриття розподілені у трьох біотопах. У степовому біотопі переважають ксерофіти та мезоксерофіти, багато геліофітів і значна частка рудерантів, що відображає сухі умови та антропогенний вплив.

У лучному біотопі навесні домінують мезофіти, а влітку — мезоксерофіти; постійно переважають мезотрофи та геліофіти. Структура ценоморф зсувається від пратантів навесні до рудерантів улітку.

У лісовому біотопі домінують мезофіти та ксеромезофіти, спостерігається баланс світлолюбних і тіньовитривалих видів. Значну частку становлять рудеранти, тоді як лісові види більш виражені у весняний період.

### 3.3 Мікробіологічні показники ґрунтів

Мікробіологічні показники ґрунтів є одним із ключових індикаторів їхнього екологічного стану, рівня антропогенного навантаження та функціональної стійкості урбанізованих територій. У межах міських ландшафтів формується специфічний урбоедафотоп, у якому ґрунтові мікроорганізми виступають чутливими біомаркерами змін середовища. Їхня чисельність, різноманіття та функціональна структура безпосередньо відображають біотичну активність ґрунту та інтенсивність перебігу основних біогеохімічних процесів — мінералізації органічної речовини, азотфіксації, гуміфікації та трансформації складних сполук.

У таблиці 3.9 наведено дані про чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів у різних горизонтах на території парку ім. Лазаря Глоби.

Таблиця 3.9 - Чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів у різних горизонтах на території парку ім. Лазаря Глоби у тис. КУО на 1 г ґрунту

Горизонт (см)	Бактерії	Актиноміцети	Мікроміцети	Азотфіксатори
0–10	1 102	291	146	49
10–20	762	197	119	28
20–30	402	122	71	13

Дані свідчать про чітко виражену вертикальну диференціацію мікробних угруповань. У верхньому горизонті (0–10 см) спостерігається максимальна чисельність бактерій (1 102 тис. КУО/г), актиноміцетів (291 тис. КУО/г), мікроміцетів (146 тис. КУО/г) та азотфіксаторів (49 тис. КУО/г). Це пов'язано з наявністю органічної підстилки, більшою аерацією та інтенсивними кореневими виділеннями.

У середньому горизонті (10–20 см) активність мікроорганізмів зменшується: чисельність бактерій знижується до 762 тис. КУО/г, актиноміцетів — до 197 тис. КУО/г, мікроміцетів — до 119 тис. КУО/г, а азотфіксаторів — до 28 тис. КУО/г. Найменші показники відмічаються у горизонті 20–30 см, де кількість усіх груп мікроорганізмів зменшується в 2,5–3 рази порівняно з поверхневим шаром.

У таблиці 3.10 наведено дані про чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів у різних горизонтах на території парку Сагайдак.

Таблиця 3.10 - Чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів у різних горизонтах на території парку Сагайдак у тис. КУО на 1 г ґрунту

Горизонт (см)	Бактерії	Актиноміцети	Мікроміцети	Азотфіксатори
0–10	879	218	198	37
10–20	534	156	142	22
20–30	298	98	84	11

Дані демонструють чітке зменшення мікробної чисельності з глибиною профілю, що є типовим для урбоґрунтів із помірним рекреаційним навантаженням.

У верхньому горизонті (0–10 см) зафіксовані найвищі показники всіх груп мікроорганізмів: бактерій — 879 тис. КУО/г, актиноміцетів — 218 тис. КУО/г, мікроміцетів — 198 тис. КУО/г та азотфіксаторів — 37 тис. КУО/г. Порівняно з парком Лазаря Глоби поверхневий шар Сагайдака характеризується вищою чисельністю мікроміцетів, що може бути пов'язано з більшою освітленістю ділянки або дещо сухішими умовами.

У горизонті 10–20 см чисельність бактерій зменшується до 534 тис. КУО/г, актиноміцетів — до 156 тис. КУО/г, мікроміцетів — до 142 тис. КУО/г, а показники азотфіксаторів знижуються до 22 тис. КУО/г. Найнижчі значення спостерігаються у горизонті 20–30 см: чисельність бактерій падає до 298 тис. КУО/г, мікроміцетів — до 84 тис. КУО/г, актиноміцетів — до 98 тис. КУО/г та азотфіксаторів — до 11 тис. КУО/г.

У таблиці 3.11 наведено дані про чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів у різних горизонтах на території парку Тунельної балки .

Таблиця 3.11 - Чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів у різних горизонтах на території Тунельної балки у тис. КУО на 1 г ґрунту

Горизонт (см)	Бактерії	Актиноміцети	Мікроміцети	Азотфіксатори
0–10	1 538	369	114	70
10–20	1 021	241	89	43
20–30	612	139	62	20

Отримані дані свідчать про чітко виражене зменшення чисельності всіх досліджуваних груп ґрунтових мікроорганізмів зі збільшенням глибини профілю. У горизонті 0–10 см відзначаються найвищі показники, що відповідає зоні найбільшого накопичення органічної речовини та корневих виділень, які стимулюють розвиток мікробних популяцій.

У верхньому горизонті кількість бактерій становила 1538 тис. КУО/г, що майже у 1,5 раза перевищує значення для шару 10–20 см (1021 тис. КУО/г) та у 2,5 раза — для горизонту 20–30 см (612 тис. КУО/г). Така закономірність вказує на високу біологічну активність поверхневого шару ґрунту Тунельної балки, де мікроорганізми мають доступ до кисню, легкодоступних форм вуглецю та азоту.

Схожа тенденція характерна для актиноміцетів: їх чисельність зменшується від 369 тис. КУО/г у горизонті 0–10 см до 241 тис. КУО/г у шарі 10–20 см та 139 тис. КУО/г у шарі 20–30 см. Це пов'язано з тим, що актиноміцети віддають перевагу добре аерованому середовищу та багатому на органічні залишки верхньому горизонту.

Мікроміцети демонструють більш стримане, але також стабільне зниження чисельності: від 114 тис. КУО/г у 0–10 см до 89 тис. КУО/г у 10–20 см та 62 тис. КУО/г у 20–30 см. Такі показники характерні для ґрунтів із помірним вмістом доступного органічного субстрату та стабільною вологістю.

Найбільш різке зменшення спостерігається серед азотфіксаторів: з 70 тис. КУО/г у верхньому горизонті до 43 тис. КУО/г та 20 тис. КУО/г відповідно у

шарах 10–20 та 20–30 см. Це пояснюється залежністю азотфіксуючих мікроорганізмів від інтенсивного газообміну та наявності кореневої біомаси, яка значно зменшується із заглибленням профілю.

Загалом структура мікробного комплексу Тунельної балки свідчить про високий рівень біологічної активності верхнього горизонту та типову для степових і балкових ґрунтів диференціацію мікробних популяцій за глибиною. Найвищі показники спостерігаються для бактерій, що підтверджує домінування цієї групи в процесах мінералізації та трансформації органічних речовин у ґрунті. Водночас значна кількість актиноміцетів і мікроміцетів підкреслює активний перебіг процесів гуміфікації та розкладу складних органічних сполук.

На рисунку 3.1 наведено мікробіологічні показники по рекреаційних зонах на дослідних об'єктах у верхньому горизонті ґрунту.

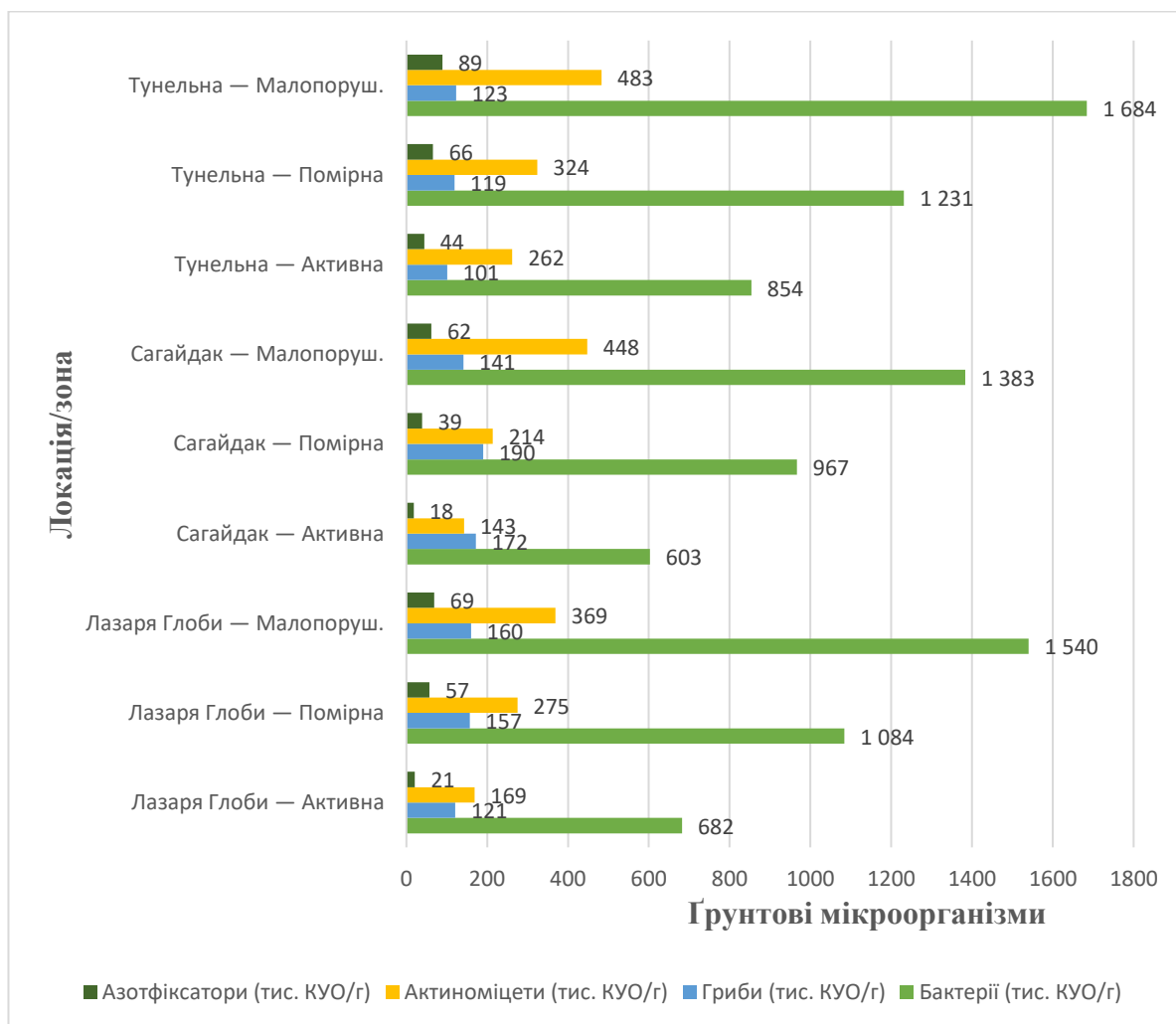


Рисунок 3.1 - Мікробіологічні показники по рекреаційних зонах на дослідних об'єктах у верхньому горизонті ґрунту

В усіх дослідних ділянках спостерігається однакова тенденція: чим менше порушення ґрунту, тим вищі показники бактерій, актиноміцетів, грибів та азотфіксаторів.

У парку Лазаря Глоби мікробіологічні показники зростають від активної до малопорушеної зони, досягаючи максимумів у малопорушеній частині (1 540 тис. КУО/г бактерій).

Парк Сагайдак має нижчі показники в активній зоні, але також демонструє чітке зростання у напрямку до малопорушеної зони, де особливо високою є чисельність актиноміцетів (448 тис. КУО/г).

Тунельна балка виділяється найвищими загальними значеннями: у малопорушеній зоні зафіксовано максимум бактерій (1 684 тис. КУО/г) та азотфіксаторів (89 тис. КУО/г), що свідчить про кращий екологічний стан ґрунтів порівняно з іншими парками.

На рисунку 3.2 наведено дані мікробної біомаси по рекреаційних зонах на дослідних об'єктах у верхньому горизонті ґрунту.

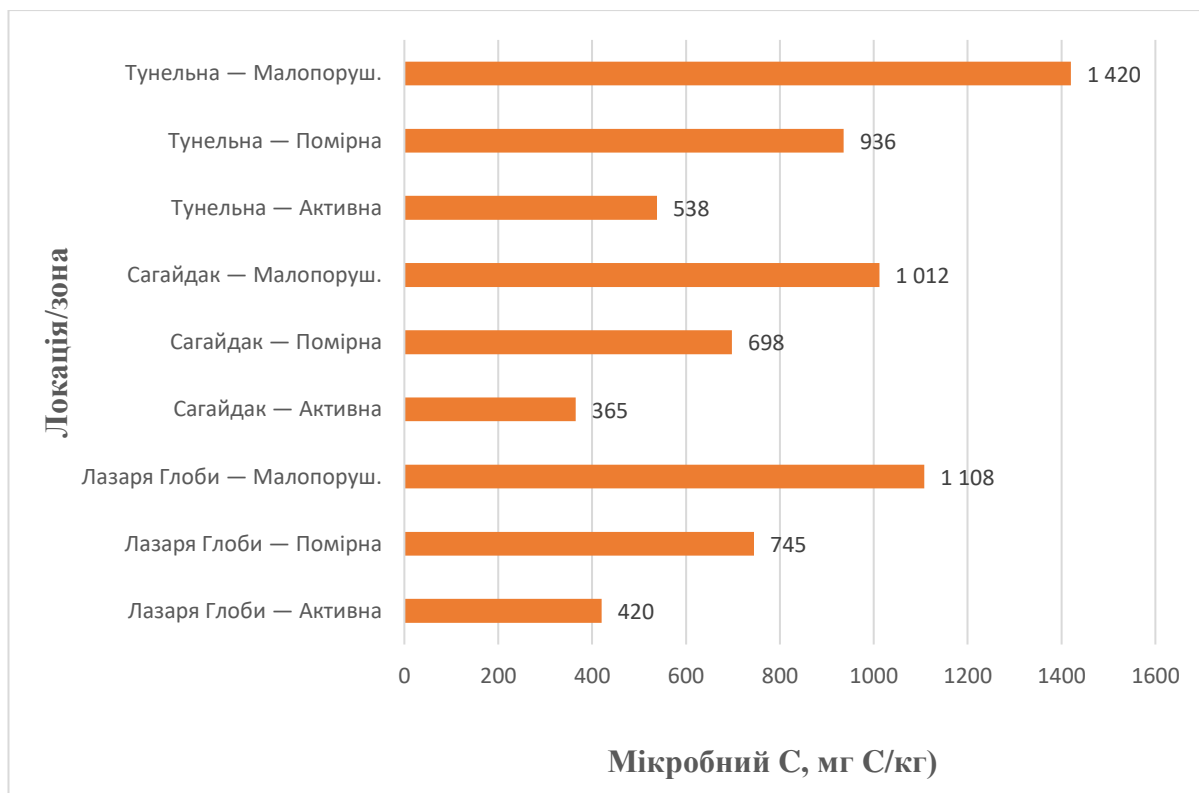


Рисунок 3.2 - Мікробна біомаса по рекреаційних зонах на дослідних об'єктах у верхньому горизонті ґрунту.

В усіх дослідних локаціях простежується однакова закономірність: зі зростанням порушеності зони вміст мікробної біомаси С зменшується, а найбільші значення характерні для малопорушених ділянок.

У парку Лазаря Глоби мікробна біомаса С змінюється від 420 мг С/кг у активній зоні до 1 108 мг С/кг у малопорушеній, що свідчить про підвищену активність ґрунтових мікроорганізмів у більш стабільних ділянках.

Парк Сагайдак демонструє аналогічну динаміку: найнижчі показники зафіксовано в активній зоні (365 мг С/кг), тоді як у малопорушеній частині вміст мікробної біомаси досягає 1 012 мг С/кг.

Найвищі значення виявлені у Тунельній балці, де мікробна біомаса С становить 538 мг С/кг у активній зоні та зростає до максимальних 1 420 мг С/кг у малопорушеній. Це вказує на кращу природність і біологічну продуктивність ґрунтів цього парку.

На рисунку 3.3 наведено дані дегідрогеназної активності на дослідних об'єктах у верхньому горизонті ґрунту.

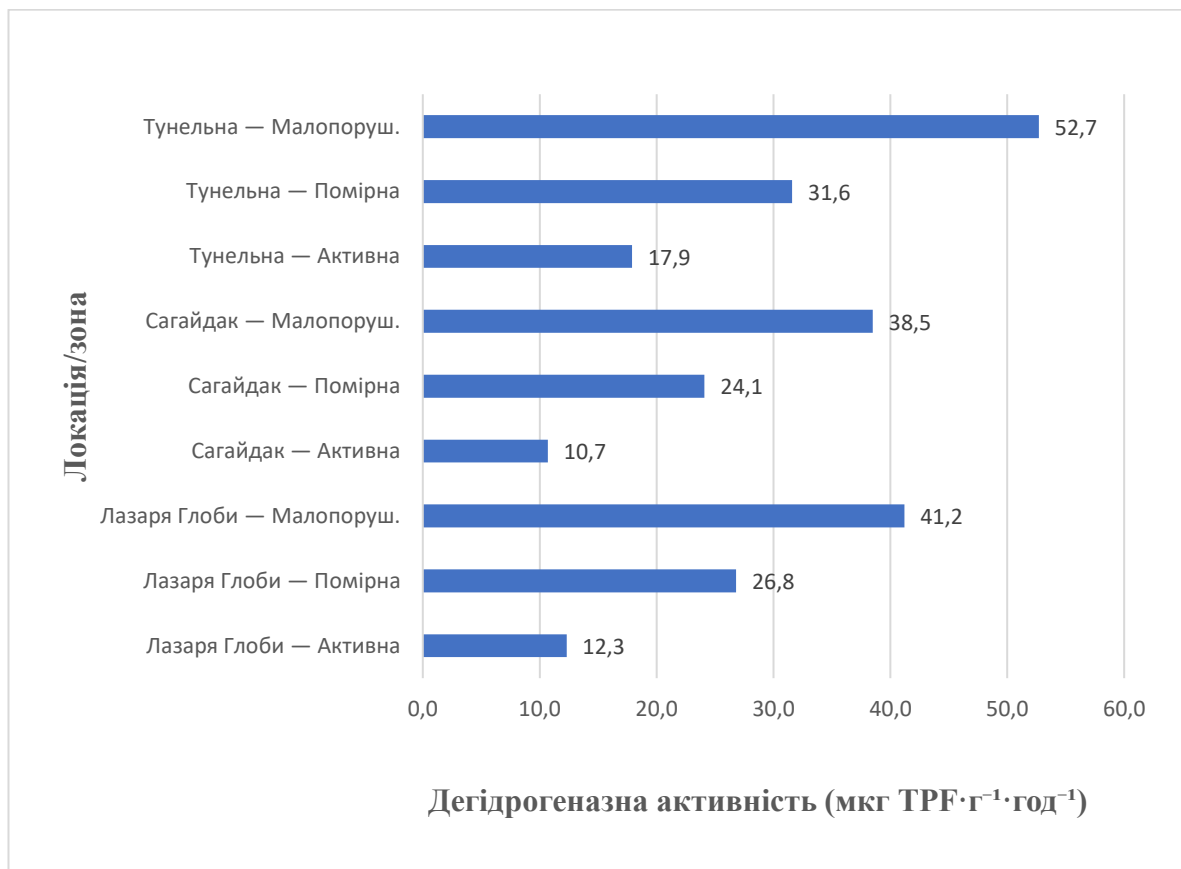


Рисунок 3.3 - Дегідрогеназна активність на дослідних об'єктах у верхньому горизонті ґрунту

В усіх трьох дослідних локаціях спостерігається стала тенденція зростання активності від активних до малопорушених зон, що відображає покращення умов для функціонування мікробіоти за зменшення рекреаційного навантаження.

У парку Лазаря Глоби активність дегідрогеназ зростає від 12,3 мкг ТРФ·г<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup> у активній зоні до 41,2 мкг ТРФ·г<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup> у малопорушеній, що свідчить про значно вищий рівень біохімічних процесів у ґрунті за умов мінімального антропогенного впливу.

У парку Сагайдак фіксуються загалом нижчі значення в активній зоні (10,7 мкг ТРФ·г<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>), однак у малопорушеній частині активність зростає до 38,5 мкг ТРФ·г<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>, що також вказує на відновлення мікробної активності в стабільніших ґрунтах.

Тунельна балка демонструє найвищі значення серед усіх досліджених територій: від 17,9 мкг ТРФ·г<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup> у активній зоні до максимальних 52,7 мкг ТРФ·г<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup> у малопорушеній. Це підкреслює високу біологічну продуктивність та кращий екологічний стан ґрунтів цієї природної балки.

### 3.4 Ферментативна активність ґрунту

Ферментативна активність є одним із найчутливіших індикаторів біотичних процесів у ґрунті та характеризує інтенсивність мікробіологічних реакцій, розклад органічних сполук, колообіг елементів та загальний стан ґрунтового середовища. У межах урбанізованих територій активність ферментів залежить від ступеня рекреаційного навантаження, структури рослинного покриву, наявності органічних надходжень та мікрокліматичних умов, що визначають стабільність і продуктивність урбоедафотопів.

На рисунку 3.4 наведено дані активності каталази у ґрунтах дослідних територій.

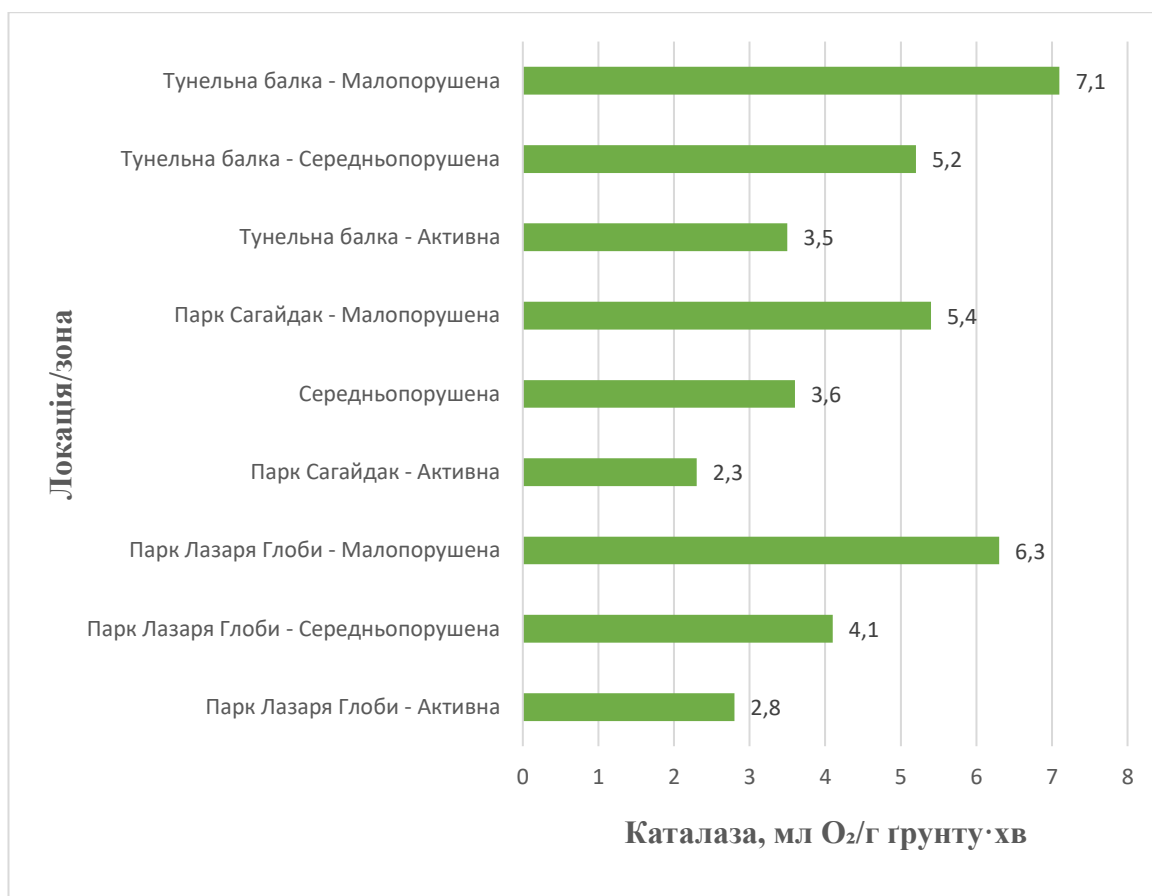


Рисунок 3.4 - Активність каталази у ґрунтах дослідних територій

Активність каталази у ґрунтах досліджених територій демонструє чітку залежність від ступеня рекреаційного навантаження та загального екологічного стану урбоєдафотопів. Найвищі значення характерні для Тунельної балки, де малопопорушена зона досягає 7,1 мл O<sub>2</sub>/г ґрунту·хв, що свідчить про добре збережені природні умови, високий вміст органічних решток і сприятливий аераційний режим. У середньопорушених та активних зонах цієї локації активність каталази знижується до 5,2 та 3,5 відповідно, проте навіть за таких умов ґрунт залишається ферментативно активним у порівнянні з іншими територіями.

У парку Сагайдак показники каталази є помірними: 5,4 мл O<sub>2</sub>/г ґрунту·хв у малопопорушеній зоні, 3,6 у середньопорушеній та лише 2,3 в активній. Це відображає значний вплив рекреаційного навантаження та особливості піщано-

алювіальних ґрунтів, які менш здатні акумулювати органічну речовину. Подібна тенденція спостерігається й у парку Лазаря Глоби: активність каталази становить 6,3 у малопорушеній зоні, 4,1 — у середньопорушеній та 2,8 — в активній. Зниження ферментативної активності тут зумовлене регулярним антропогенним впливом, ущільненням ґрунту та зменшенням кількості підстилки.

На рисунку 3.5 наведено дані про активність уреазу у ґрунтах дослідних територій

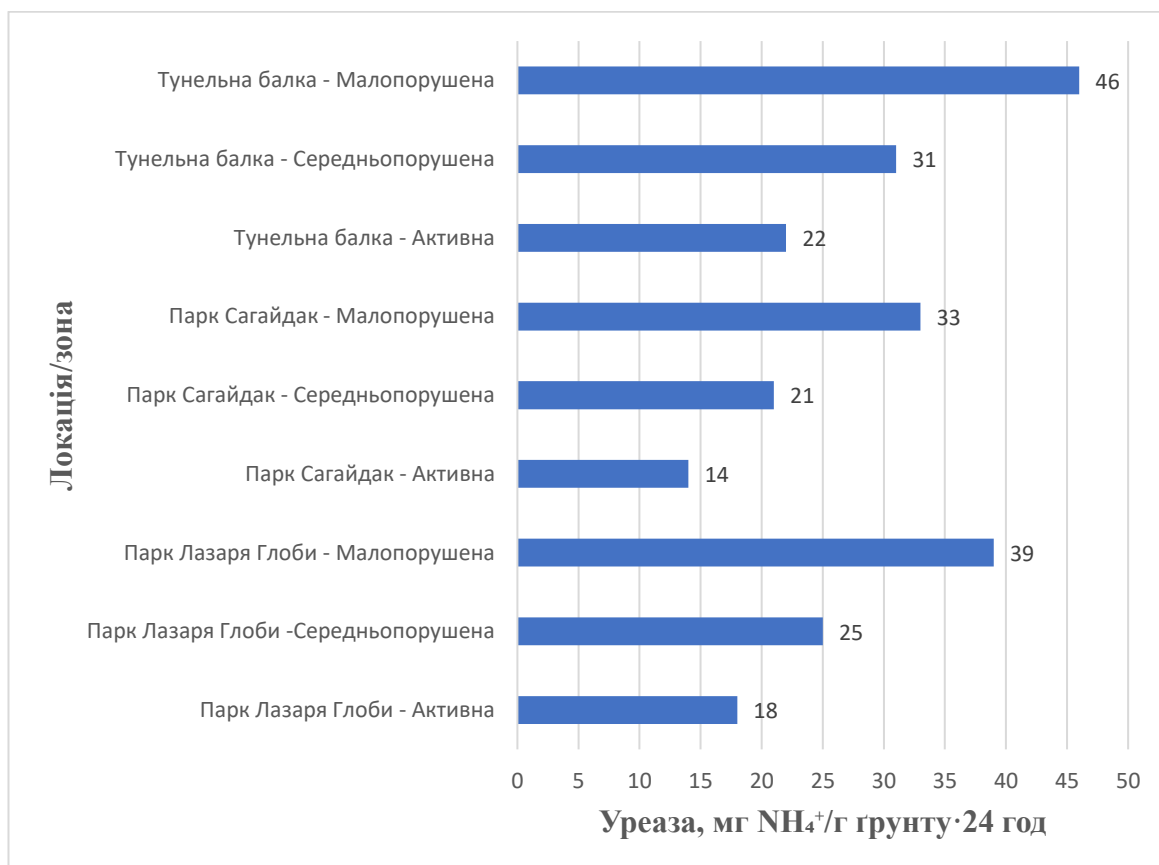


Рисунок 3.5 Активність уреазу у ґрунтах дослідних територій

Активність уреазу у ґрунтах досліджених територій демонструє закономірне зростання у напрямку від активних до малопорушених зон, що відображає покращення умов мінералізації азотовмісних сполук та підвищення біотичної активності ґрунту. Найвищі значення зафіксовано у Тунельній балці, де в малопорушеній зоні активність уреазу становить 46 мг NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/г ґрунту · 24 год, що свідчить про високий рівень органічного збагачення та стабільний рослинний покрив. У середньопорушеній зоні цієї локації показник знижується до 31, а в

активній — до 22 мг  $\text{NH}_4^+$ /г, що вказує на вплив рекреаційного навантаження та ущільнення ґрунту.

Для парку Сагайдак характерні дещо нижчі, але подібні за динамікою показники: 33 мг  $\text{NH}_4^+$ /г у малопорушеній зоні, 21 — у середньопорушеній та лише 14 — в активній. Це відображає чутливість уреазної активності до порушення ґрунтового профілю та зменшення кількості рослинних решток. У парку Лазаря Глоби активність уреаз становить 39 мг  $\text{NH}_4^+$ /г у малопорушеній зоні, 25 — у середньопорушеній та 18 — в активній, що засвідчує середній рівень біохімічної активності, зумовлений комплексним антропогенним впливом.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Загальні вимоги охорони праці

Охорона праці під час виконання наукових досліджень у закладах вищої освіти ґрунтується на вимогах чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю, Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Закону України «Про пожежну безпеку», а також на галузевих та внутрішньоінституційних нормативних документах, що регламентують порядок організації безпечних умов праці. Вимоги до безпечної експлуатації обладнання та організації робочих процесів у лабораторіях визначаються положеннями ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терміни та визначення», ДСТУ EN 61010-1:2014 щодо безпечної роботи з електротехнічними приладами, а також ДСТУ ISO 45001:2019, який встановлює загальні принципи управління охороною праці та ризиками.

Здобувач вищої освіти, який виконує польові та лабораторні дослідження, зобов'язаний дотримуватися встановлених правил безпеки, проходити відповідний інструктаж, користуватися засобами індивідуального захисту та неухильно виконувати вимоги керівника робіт. До основних обов'язків виконавця належить: дотримання технологічної дисципліни, правильне використання інструментів та обладнання, негайне повідомлення про будь-які аварійні ситуації чи несправності, а також забезпечення порядку на робочому місці. Порушення вимог охорони праці тягне за собою дисциплінарну, адміністративну або іншу відповідальність відповідно до чинного законодавства.

Організація безпечних умов праці під час виконання наукових досліджень включає попереднє оцінювання ризиків, створення оптимальних санітарно-гігієнічних умов, забезпечення належного стану приміщень, лабораторного обладнання та інструментів, а також проведення регулярного інструктажу з охорони праці. У закладах вищої освіти діють правила внутрішнього розпорядку, які регламентують порядок роботи у лабораторіях, доступ до обладнання, вимоги до одягу та поведінки студентів і співробітників.

Загальні правила безпечної поведінки в лабораторії передбачають використання спеціального одягу (халат, рукавички, захисні окуляри), заборону прийому їжі та напоїв, дотримання чистоти на робочому місці, правильне поводження з біологічними матеріалами, дезінфекцію інструментів та поверхонь після завершення роботи, а також виконання вимог електробезпеки. Під час польових робіт у парках та інших природних територіях необхідно дотримуватися правил безпечного пересування, враховувати особливості рельєфу, погодні умови, можливість контакту з комахами, рослинами, а також техногенними факторами міського середовища [53].

Виконання загальних вимог охорони праці забезпечує мінімізацію виробничих ризиків, збереження здоров'я виконавця та безперебійну реалізацію наукового дослідження відповідно до державних стандартів і внутрішніх регламентів закладу вищої освіти.

#### 4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Під час проведення польових досліджень на території міста Дніпро виконавець може стикатися з різними небезпечними та шкідливими факторами, які необхідно враховувати для забезпечення безпеки роботи. Метою цього пункту є визначення основних ризиків та заходів щодо їх попередження.

Одним із найбільш поширених природних ризиків є нерівний рельєф дослідних ділянок. Для Дніпра характерні численні балки, яри та круті схили, що ускладнює пересування та підвищує ймовірність падінь, травм нижніх кінцівок або забиттів. Для зниження цього ризику необхідно використовувати зручне взуття з неслизькою підошвою, уникати пересування небезпечними ділянками після дощу та обирати найбільш безпечні маршрути.

У ході роботи можливий вплив біологічних факторів, серед яких ґрунтові мікроорганізми, спори цвілевих грибів та укуси комах. Потрапляння біологічних агентів на шкіру або в дихальні шляхи може викликати алергічні реакції, подразнення чи інфекційні ускладнення. Тому під час відбору зразків рекомендовано працювати в рукавицях, не торкатися обличчя, використовувати антисептики, а в місцях підвищеної активності комах – застосовувати репеленти.

Додаткову небезпеку становлять метеорологічні умови. У жарку пору року тривале перебування на сонці може призвести до теплового удару, а сильний вітер або ожеледь — до падінь. Щоб уникнути таких ситуацій, потрібно враховувати погодні прогнози, вдягати відповідний одяг, захищати голову від сонця та зробити перерви під час високих температур.

До технічних факторів належать ризики, пов'язані з використанням інструментів і обладнання. Металеві зондажні інструменти, лопатки або лабораторні прилади за неправильного поводження можуть спричинити порізи, проколи чи навіть електротравми. Для запобігання травмам необхідно перед початком роботи перевіряти справність обладнання, користуватися ним відповідно до інструкцій та працювати у захисних рукавицях.

На території міських парків також присутні антропогенні фактори: близькість транспортних шляхів, наявність пилу, вихлопних газів та інших забруднювальних речовин. Основні ризики у цьому випадку пов'язані з можливими травмами та негативним впливом забрудненого повітря. Щоб мінімізувати ці фактори, роботу бажано виконувати на відстані від жвавих доріг та, за необхідності, використовувати захисні маски.

Загалом врахування небезпечних і шкідливих факторів дозволяє завчасно оцінити можливі ризики та організувати польові й лабораторні роботи таким чином, щоб забезпечити безпечні умови праці відповідно до чинних нормативних вимог.

#### 4.3 Безпека під час польових робіт

Польові дослідження, що проводяться на території міста Дніпро, вимагають дотримання підвищених вимог безпеки, оскільки виконуються на відкритій місцевості та передбачають використання спеціальних інструментів. Під час відбору ґрунтових проб застосовуються щупи, лопатки, пробовідбірники та інші металеві інструменти, робота з якими потребує уважності та використання засобів індивідуального захисту. Для уникнення порізів, проколів або інших механічних травм необхідно попередньо перевіряти технічний стан інструментів, працювати у щільних рукавицях та застосовувати обладнання відповідно до інструкцій.

Особливу увагу слід приділяти пересуванню на територіях з нерівним рельєфом, характерних для дослідних ділянок м. Дніпро, де присутні схили, балки та яри. Робота на таких ділянках пов'язана з ризиком падінь, вивихів та інших травм опорно-рухового апарату. З метою мінімізації цих ризиків необхідно обирати стабільні маршрути руху, уникати слизьких поверхонь після опадів та використовувати зручне закрите взуття з протиковзкою підошвою.

Використання засобів індивідуального захисту є обов'язковою вимогою. До основних ЗІЗ під час польового етапу належать рукавиці, закриті взуття, головні убори, у разі потреби — захисні окуляри. Ці засоби забезпечують захист від механічних травм, дії біологічних агентів, а також несприятливих погодних умов.

Кліматичні особливості регіону потребують врахування температурних факторів. У жарку пору року необхідно обмежувати тривалість перебування під прямим сонячним випромінюванням, працювати у світлому одязі, робити регулярні перерви в тіні та підтримувати водний баланс. У холодний період слід використовувати теплий одяг, уникати тривалого перебування на вітрі та враховувати ризик ожеледиці, що може спричинити падіння.

У разі виникнення травм або надзвичайних ситуацій необхідно негайно припинити роботу, надати першу домедичну допомогу та повідомити керівника дослідження. При серйозних ушкодженнях слід викликати екстрені служби. Виконавець повинен мати при собі аптечку з базовими засобами для обробки ран, перев'язки та знеболення [54].

Отже, дотримання вимог безпеки під час польових робіт забезпечує мінімізацію ризиків та створює умови для безпечного відбору ґрунтових зразків у природних та урбанізованих ландшафтах міста Дніпро.

#### 4.4 Безпека виконання лабораторних досліджень

Проведення лабораторних досліджень ґрунтових зразків вимагає суворого дотримання вимог біологічної та технічної безпеки, оскільки робота здійснюється з матеріалами, що можуть містити мікроорганізми різного ступеня потенційної небезпеки. Тому виконавець зобов'язаний працювати у лабораторному халаті, захисних рукавицях та, за потреби, у захисних окулярах. Використання цих засобів індивідуального захисту дозволяє запобігти потраплянню біологічних частинок на шкіру, слизові оболонки чи одяг, а також зменшує ризик випадкового травмування під час роботи з обладнанням.

Одним із ключових принципів лабораторної безпеки є уникнення прямого контакту з біологічними матеріалами. Зразки ґрунту не можна торкатися руками, а всі маніпуляції повинні виконуватися за допомогою інструментів та

підготовленого лабораторного посуду. Під час роботи забороняється приймати їжу та напої, торкатися обличчя, використовувати особисті речі без попереднього зняття рукавиць та обробки рук антисептиком. Такі правила мінімізують ризик зараження, алергічних реакцій чи потрапляння потенційно небезпечних мікроорганізмів в організм виконавця.

Безпечне використання лабораторного обладнання є обов'язковою умовою. Робота з термостатами, вагами, мікроскопами та іншими приладами має здійснюватися відповідно до інструкцій виробника та правил охорони праці. Перед початком роботи необхідно перевірити справність обладнання, цілісність кабелів живлення, правильність налаштувань температурних режимів та фіксацію рухомих елементів. Порушення технічних вимог може призвести до опіків, ударів струмом або псування дослідного матеріалу.

Важливим елементом лабораторної роботи є дезінфекція робочих поверхонь. Перед початком та після завершення роботи стіл, інструменти та обладнання слід обробляти дезінфекційними розчинами, що дозволяє запобігти розмноженню мікроорганізмів і поширенню патогенних форм. Усі біологічні залишки — ґрунтові проби, використані фільтри, тампони та інший витратний матеріал — мають утилізуватися відповідно до вимог біобезпеки: у спеціально промаркованих контейнерах та з подальшою дезінфекцією або передачею на централізоване знешкодження.

Для запобігання зараженням та перехресному забрудненню необхідно чітко розмежовувати «чисті» та «забруднені» зони, не змішувати інструменти для різних проб, використовувати окремий посуд для кожного зразка та регулярно змінювати рукавиці. Порушення цих вимог може призвести до змішування мікробних культур, спотворення результатів аналізів або забруднення лабораторного середовища [55].

Дотримання правил безпеки під час лабораторних досліджень забезпечує захист виконавця від небезпечних біологічних факторів, гарантує коректність отриманих результатів і сприяє підтриманню належного санітарно-гігієнічного стану лабораторії.

#### 4.5 Санітарно-гігієнічні умови праці

Дотримання санітарно-гігієнічних умов праці є необхідною складовою безпечного проведення лабораторних досліджень, особливо під час роботи з ґрунтовими зразками, що містять мікроорганізми різного походження. Вимоги до чистоти та організації лабораторного середовища спрямовані на запобігання зараженню виконавця, уникнення перехресного забруднення та забезпечення достовірності отриманих результатів.

Перед початком роботи робоче місце повинно бути очищене від сторонніх предметів, а поверхні столів — оброблені дезінфекційними засобами. Після завершення всіх процедур необхідно знову провести дезінфекцію, утилізувати відходи та переконатися у відсутності залишків зразків або використаних матеріалів. Такий підхід дозволяє підтримувати безпечне мікробіологічне середовище та мінімізує ризики випадкового контакту з біологічними агентами.

Для забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов важливим є регулярне провітрювання приміщення та підтримання оптимального температурного режиму. Надмірна вологість або висока температура можуть сприяти розвитку мікроорганізмів, що негативно впливає на якість досліджень і створює додаткові ризики для здоров'я. Лабораторні приміщення повинні бути обладнані системами вентиляції, а температура — відповідати нормативним показникам для роботи з біологічними матеріалами.

Особливу увагу слід приділяти правильній організації місця для зберігання ґрунтових зразків. Вони повинні утримуватися у герметичних, промаркованих контейнерах, окремо від чистих приладів та інших матеріалів. Зберігання зразків має здійснюватися у спеціально відведених зонах, що

виключає можливість їхнього змішування, стороннього доступу або випадкового пошкодження.

Особиста гігієна дослідника є важливою умовою безпеки. Під час роботи з ґрунтом та мікроорганізмами необхідно користуватися захисними рукавицями, ретельно мити руки після завершення лабораторних процедур, уникати торкання обличчя чи особистих речей під час досліджень. Своєчасна зміна рукавиць і дотримання чистоти робочого одягу запобігають перенесенню мікробів та захищають виконавця від можливих інфекційних ризиків [56].

Дотримання санітарно-гігієнічних вимог забезпечує безпечні умови праці, сприяє збереженню здоров'я виконавця та гарантує правильність і відтворюваність результатів наукового дослідження.

## ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження встановлено, що урбоедафотопи міста Дніпра є складними, просторово мозаїчними системами, біотична активність яких формується під впливом поєднання природних і антропогенних чинників. Аналіз умов трьох територій — парку Лазаря Глоби, парку Сагайдак та урочища Тунельна балка — показав, що ґрунтові процеси в міських ландшафтах істотно залежать від рельєфу, гідротермічного режиму, гранулометричного складу й ступеня рекреаційного навантаження, що формує характерні відмінності у структурі мікробного ценозу та рівні його активності.

Спостережено, що найвищі показники біотичної активності притаманні ділянкам із розвиненою підстилкою, стабільним зволоженням та наявністю густого деревного ярусу, де кореневі екsudати суттєво стимулюють розвиток мікробних консорціумів і забезпечують підтримання ґрунтової родючості навіть за умов урбанізованого середовища.

Натомість у зонах інтенсивного рекреаційного використання відзначено значне ущільнення поверхневих горизонтів, зниження пористості, погіршення аерації й трансформацію мікробіоценозів у бік зростання частки анаеробних та факультативно анаеробних форм, що призводить до зниження інтенсивності ґрунтових процесів та погіршення його екологічного стану.

Отримані результати доводять, що біотична активність урбоедафотопів є чутливим індикатором ступеня антропогенної трансформації, а також відображає синергетичну взаємодію між ґрунтами та рослинністю. Різні частини міста Дніпра мають неоднаковий потенціал до відновлення: наприклад, напівприродні ділянки Тунельної балки характеризуються більшою стійкістю та збереженістю мікробних угруповань, тоді як піщані ґрунти парку Сагайдак

відзначаються низькою вологозатримувальною здатністю та підвищеною вразливістю до деградації.

Водночас специфіка міського рельєфу, зокрема наявність ярів та балок, сприяє формуванню локальних мікрокліматичних умов, що створюють умови для контрастування активних та депресивних мікробних зон *even within limited areas*, поглиблюючи просторову неоднорідність ґрунтової біоти.

Важливість отриманих результатів полягає в тому, що вони дозволяють не лише оцінити сучасний стан міських ґрунтів, а й визначити провідні механізми їх деградації, окреслити напрями екологічної оптимізації та сформуванню підґрунтя для подальшого моніторингу урбоєкосистем. Біотична активність відображає здатність ґрунтів до самоочищення, мінералізації органічної речовини, зв'язування вуглецю й підтримання екосистемних функцій, тому її дослідження має важливе значення для забезпечення екологічної безпеки, підвищення якості міського середовища та раціонального планування зелених зон.

На основі комплексної оцінки урбоєдафотопів міста Дніпра запропоновано такі рекомендації: необхідно зменшувати ступінь ущільнення ґрунтів у місцях масової рекреації шляхом регулювання потоків відвідувачів, встановлення екологічних пішохідних покриттів, створення буферних рослинних зон; забезпечувати сталі надходження органічної речовини через збереження підстилки, обмеження надмірного прибирання листя та використання мульчування; формувати видово різноманітні й екологічно стійкі деревні насадження з перевагою аборигенних видів, здатних підтримувати високий рівень ризосферної активності; систематично проводити моніторинг ґрунтової мікробіоти для раннього виявлення деградаційних процесів; застосовувати біотехнічні заходи рекультивації, включно з внесенням органічних добрив, компосту та мікробних препаратів, що покращують структуру і функціональні властивості ґрунту.

Проведене дослідження обґрунтовує необхідність цілісного підходу до управління міськими ґрунтами, який враховує як природні закономірності

просторової організації біотичної активності, так і масштаби антропогенного впливу. Встановлені закономірності підтверджують, що збереження та відновлення біотичної активності урбоедафотопів є ключовою умовою підвищення екологічної стійкості та функціональної повноцінності урбоекосистем міста Дніпра в умовах прогресуючої урбанізації.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Брадiс Є. М. Детальне геоботанiчне районування Полiсся УРСР / Є. М. Брадiс, Т. Л. Андриєнко // Український ботанiчний журнал. – 1975. 32.4. – С. 471-475.
2. Геоботанiчне районування Української РСР / від. редак. А. І. Барбарич. – Київ: Наукова думка, 1977. – 304 с.
3. Гром М. М. Лісова таксація / М. М. Гром. – Львів: НЛТУ України, 2010. – 416 с.
4. Дiдух Я. П. Фiтоiндикація екологiчних факторiв / Я. П. Дiдух, П. Г. Плюта – Київ: Наукова думка, 1994. – 280 с.
5. Ландiн В. П. Оцiнка санiтарного стану лiсових насаджень за
6. даними дистанцiйного зондування / В. П.Ландiн, Т. Л.Кучма, В. В.Гуреля, В. А.Захарчук, В. Л.Соломко, В. П.Фещенко // Агроекологiчний журнал. – 2020. – № 4. – С. 76-86.
7. Tokareva T.G. Features of the phytocenosis structure in the urban ecosystem of the southern industrial centre. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 315. P. 072012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072012>
8. Mikheli S.V. Research on anthropogenic changes in landscapes in Ukraine: conceptual foundations, development centers, results. Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynskyi. Series: Geography. Vinnytsia, 2013. No. 25. P. 12–19. (in Ukrainian)
9. Fierer N et al. 2012 Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes. Proc. Natl Acad. Sci. USA 109, 21 390– 21 395. (doi:10.1073/pnas.1215210110)
10. Humbert S, Tarnawski S, Fromin N, Mallet M-P, Aragno M, Zopfi J. 2010

- Molecular detection of anammox bacteria in terrestrial ecosystems: distribution and diversity. *ISME J.* 4, 450– 454. (doi:10.1038/ismej.2009.125)
11. Delmont TO et al. 2012 Structure, fluctuation and magnitude of a natural grassland soil metagenome. *ISME J.* 6, 1677– 1687. (doi:10.1038/ismej.2011.197)
  12. Adl M, Gupta V. 2006 Protists in soil ecology and forest nutrient cycling. *Can. J. For. Res.* 36, 1805– 1817. (doi:10.1139/x06-056)
  13. Caporaso JG, Bittinger K, Bushman FD, DeSantis TZ, Andersen GL, Knight R. 2010 PyNAST: a flexible tool for aligning sequences to a template alignment. *Bioinformatics* 26, 266– 267. (doi:10.1093/bioinformatics/btp636)
  14. Абдулоєва О.С., Соломаха В.А. Фітоценологія. К.: Фітосоціоцентр, 2011. 450 с.
  15. Баланда О.В., Бойко О.А. Навчально-методичний посібник до виконання лабораторних робіт по біохімії рослин для студентів напряму підготовки 6.05.1401 «Екобіотехнологія». Київ: Видавн. Центр НУБіП України, 2009. 35 с.
  16. Бойко А.Л. Основи екології та біофізики вірусів. К.: Фітосоціоцентр, 2003. 164 с.
  17. Григорюк І.П. Реакція рослин на водний і температурний стреси та способи її регуляції. Автореф. дис.. д-ра біол. наук / Інститут фізіології рослин і генетики НАН України. 1996. 40 с.
  18. Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П. та ін. Біологічно активні речовини в рослинництві. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. 352 с.
  19. Гродзинський М.Д. Основи ландшафтної екології. К.: Либідь, 1993. 224 с.
  20. Денисюк, Н. В., & Мельник, В. Й. (2020). Оцінювання фітомеліоративної ролі зелених насаджень парків і скверів північного району міста Рівне. Науковий вісник НЛТУ України, 30(2), 38-43. <https://doi.org/10.36930/40300207>.
  21. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2001. 392 с.
  22. Пати́ка М. В., Пати́ка В. П. Сучасні проблеми біорізноманітності і зміни

- клімату. Вісн. аграр. науки. 2014. № 6. С. 5–10.
- 23.Патика В.П., Омелянець Т.Г., Гриник І.В., Петриченко В.Ф. Екологія мікроорганізмів. К.: Основа, 2007. 189 с.
- 24.Rabosh I. O., Kofanova O. V. (2019). Otsinka fitotoksychnosθ miskykh grunθv, zabrudnennykh ob'ektamy avtotransportnoi infrastruktury [Assessment of phytotoxicity of urban soils contaminated by road infrastructure]. ScienOfic reports of NULES of Ukraine,№ 1 (77). doi: [hΣps://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.003](https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.003)
- 25.Кармизова Л. О. Сучасний стан фіторізноманіття відновленого байрачного комплексу мегаполісу (м. Дніпропетровськ) // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Вип. 43. 2014. С. 34–39.
- 26.Кузнецов, С. І., Слюсар С.І. & Кузнецова М.С. (2017) Інтродукція деревних рослин в Україні: минуле, сучасне та майбутнє. Лісове і садово-паркове господарство. (11), 1-13.
- 27.Шеляг-Сосонко Ю. Р., Дубина Д. В., Макаренко Л. П. Збереження і невиснажливе використання біорізноманіття України: стан та перспективи. Київ. 2003. 248 с.
- 28.Hugenholtz, P., Goebel, B.M., and Pace, N.R. (1998) Impact of culture-independent studies on the emerging phylogenetic view of bacterial diversity. *J Bacteriol* 180: 4765– 4774.
- 29.Jesus, E.D., Marsh, T.L., Tiedje, J.M., and Moreira, F.M.D. (2009) Changes in land use alter the structure of bacterial communities in Western Amazon soils. *ISME J* 3: 1004– 1011.
- 30.Lauber, C.L., Hamady, M., Knight, R., and Fierer, N. (2009) Pyrosequencing-based assessment of soil pH as a predictor of Soil Bacterial Community structure at the continental scale. *Appl Environ Microbiol* 75: 5111–5120.
- 31.Lande, R. (1996) Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76: 5–13
- 32.Blackwood, C.B., Hudleston, D., Zak, D.R., and Buyer, J.S. (2007) Interpreting

- ecological diversity indices applied to terminal restriction fragment length polymorphism data: insights from simulated microbial communities. *Appl Environ Microbiol* 73: 5276–5283.
33. Baker, K.L., Langenheder, S., Nicol, G.W., Ricketts, D., Killham, K., Campbell, C.D., and Prosser, J.I. (2009) Environmental and spatial characterisation of bacterial community composition in soil to inform sampling strategies. *Soil Biol Biochem* 41: 2292–2298
34. Ahlgren I. T. Ecological effect of fires / I. T. Ahlgren, C. E. Ahlgren // *Botany Review*. – 1960. – vol. 26, №4, – p.483–534.
35. Catherine A.L. High severity fire and mixed conifer forest-chaparral dynamics in the southern Cascade Range, USA / Catherine A. Lauvaux, Carl N. Skinner, Alan H. Taylor // *Forest Ecology and Management*. – 2015. – C. 74–85.
36. Diduch Ya. P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication / Ya. P. Diduch. – Kyiv: Phytosociocentre, 2011. – 176
37. Ecological effects of alternative fuel-reduction treatments: highlights of the National Fire and Fire Surrogate study (FFS) / [James D. McIver, Scott L. Stephens, James K. Agee et al.] // *International Journal of Wildland Fire*. – 2012.
38. Flannigan M. D. Forest fires and climate change in the 21st century / [ Flannigan M. D., Amiro B. D., Logan K. A. et al. ] // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. – 2005.
39. Goldammer G. J. Prescribed burning in Russia and neighbouring Temperate-Boreal Eurasia / [Valendik E. N., Goldammer G. J., Kisilyakhov Ye. K. et al.] // *Global Fire Monitoring Center*. – 2013. – 324 pp.
40. Hille M. Fire ecology of Scots Pine in Northwest Europe / M. Hille // *Wageningen University*. – 2006. – 179 p.
41. Kozłowski T. T. Fire and ecosystems / T. T. Kozłowski, C. E. Ahlgren. – San Francisco etc.: Acad, press, 1974. – 542 p.
42. Mutch R. W. Wild fires and ecosystems a hypothesis / R. W. Mutch // *Ecology*. – 1970. – vol. 51, № 6. – p. 1047–1051.
43. Zielski A. *Dendrochronologia* / A. Zielski, M. Krąpiec. – Warszawa: PWN, 2004.

– 328 р.

44. Клімат України / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. — К.: Вид-во Раєвського, 2003. — 343 с.
45. Волощук В.М. та ін. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти. – К.: Вид.- Поліграфічний центр „Київський університет”, 2002. – 17 с
46. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Прикладна кліматологія. Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: Економіка, 2005. – 131 с
47. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. – К.: Вид. Раєвського, 2003. – 343 с.
48. Позняк С. П. Картографування ґрунтового покриву / С. П. Позняк, Є. Н. Красеха, М. Г. Кіт. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 500 с.
49. ДСТУ ISO 10381-1:2003. *Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо відбирання проб.* — Київ: Держстандарт України.
50. Визначник вищих рослин України / За ред. Д. Н. Доброчаєвої. — Київ: Наук. думка, 1987. — 548 с.
51. ДСТУ 7828:2015. *Ґрунти. Методи визначення кількості мікроорганізмів.* — Київ: Мінекономрозвитку України.
52. ДСТУ ISO 20130:2019. *Якість ґрунту. Визначення ферментативної активності.* — Київ: УкрНДНЦ
53. ДСТУ-П OHSAS 18001:2006. Система управління безпекою та гігієною праці. Вимоги (OHSAS 18001:1999, IDT).
54. ДСТУ ISO 14001:2006. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, IDT).
55. Основи охорони праці: Підручник / За ред. проф. В.В.Березуцького – Х.: Факт, 2005. – 480 с
56. Третьяков О.В., Зацарний В.В., Безсонний В.Л. Охорона праці: Навчальний посібник з тестовим комплексом на CD/ за ред. К.Н. Ткачука. – К.: Знання, 2010. – 167 с.