ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та припкладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота

бакалавра

на тему: ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ ГРУНТІВ РЕКРЕАЦІЙНОГО ПАРКУ “ТАВРІЯ” ПРИ ВПЛИВІ БІОТИЧНИХ ТА АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ
ENZYMATIC ACTIVITY OF SOILS IN THE TAVRIA RECREATIONAL PARK UNDER THE INFLUENCE OF BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1012

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми

Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

Кірічевський В.Ю.

Керівник доцент, доцент, к.б.н. Воронова Н .В.

Рецензент доцент, доцент, к.б.н, Горбань В.В.

Запоріжжя – 2026

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет
Кафедра загальної та прикладної екології і зоології
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 101 Екологія
Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, д.б.н., проф.

О.Ф. Рильський

«____» _____ _____року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кірічевському Владиславу Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Ферментативна активність грунтів рекреаційного парку "Таврія" при впливі біотичних та абіотичних чинників
керівник роботи Воронова Наталія Валентинівна, к.б.н. доцент
затверджена наказом ЗНУ від « 5 » січня 2026 р. № 08-с
2. Строк подання студентом роботи «__» квітня 2026 року
3. Вихідні дані до роботи: Кваліфікаційна робота
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити:
1) виявити зміни активності основних ґрунтових ферментів під впливом витоптування копитними тваринами за умов їх високої щільності;
2) з'ясувати особливості ферментативної активності ґрунту на стежках і в прилеглих до них ділянках у межах досліджуваних біотопів;
3) охарактеризувати вертикальну диференціацію ферментативної активності в профілі (підстилка, 0–5, 5–10, 10–20 см);
4) здійснити порівняльну оцінку ферментативної активності ґрунтів у різних біотопах рекреаційного парку «Таврія».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 15 таблиць, 2 додатки, 1 рисунок.
6. Перелік проаналізованого матеріалу і сайтів: Матераіли польових досліджень за 2023-24 роки та аналіз сайтів закоів України із охорони безпеки та по матералам.
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по-батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Охорона праці Притула Н.М.		

7. Дата видачі завдання _____ 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	1 вересня – 15 вересня	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	15 жовтня – 20 жовтня	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	20 жовтень – 10 листопад	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень Оформлення результатів експерименту	10 листопад – 15 січень	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	15-21 березня	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	25 березня	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	22 квітня	Виконано

Студент _____ В.Ю. Кірічевький

Керівник роботи _____ Н.В. Воронова

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

Дана робота викладена на 66 сторінках друкованого тексту, містить 15 таблиць, 2 додатки та 1 рисунок. При виконанні роботи було використано 54 літературних джерела.

Об’єктом дослідження був ґрунтовий покрив рекреаційного парку «Таврія». Предметом вивчення став аналіз ферментативної активності ґрунтів при різному біотоичному впливі.

Метод дослідження: польові дослідження, лабораторний аналіз, аналіз архівних данних.

Мета кваліфікаційної роботи є визначення ферментативної активності ґрунтів рекреаційного парку «Таврія»

Основні результати: визначено, що в більшості виявлених ферментів ґрунтових проб вища біля стежок копитних як в рекреаційному парку «Таврія». При цьому з’ясовано, що показники активності уреази на стежках перевищують в рекреаційному парку «Таврія», ніж біля стежок.

Наукова новизна полягає у тому, що вперше, на території ПП «Таврія», вивчається роль копитних на ферментативну активність ґрунтів. Оскільки механічна (витоптування) роль тварин, при високій щільності диких копитних особливо на ферментативну активність ґрунтів раніше вивчалась недостатньо.

Теоретичне значення роботи допомагає у розширені уявлення про вплив копитних на ферментативну активність ґрунтівзаповідних територій.

Практичне значення роботи з’ясовує механічний (витоптування) вплив на ферментативну активність ґрунтів при високій щільності копитних та зроблений хімічний аналіз ґрунтових проб на вміст ферментів.

РЕКРЕАЦІЙНИЙ ПАРТ, ТАВРІЯ, ДИКИ РАТИЧНІ, ҐРУНТ, ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ, ВИТОПТУВАННЯ, БІОГЕОЦЕНОЗИ

ABSTRACT

This qualification thesis comprises 66 pages of printed text and includes 15 tables, 2 attachments and 1 figure. A total of 54 literature sources were used.

The object of the study was the soil cover of the “Tavria” recreational park. The subject of the research was the analysis of soil enzymatic activity under different biotic impacts.

Research methods included field investigations, laboratory analyses, and the analysis of archival data.

The aim of the qualification thesis was to determine the enzymatic activity of soils in the “Tavria” recreational park.

Main results: it was found that, for most of the studied enzymes, the activity of soil samples was higher in areas adjacent to ungulate trails within the “Tavria” recreational park. At the same time, urease activity on the trails exceeded the values recorded near the trails.

Scientific novelty lies in the fact that, for the first time within the territory of the “Tavria” recreational park, the role of ungulates in shaping soil enzymatic activity has been investigated. The mechanical (trampling) effect of animals under conditions of high density of wild ungulates, particularly regarding soil enzymatic activity, has previously been insufficiently studied.

The theoretical significance of the work is the expansion of knowledge about the influence of ungulates on soil enzymatic activity in protected areas.

The practical significance of the study consists in clarifying the mechanical (trampling) impact on soil enzymatic activity under high ungulate density and in conducting a chemical analysis of soil samples for enzyme content.

RECREATIONAL PARK, TAVRIA, WILD UNGULATES, SOIL, ENZYMATIC ACTIVITY, TRAMPLING, BIOGEOCENOSES

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ ……..……..…7
ВСТУП…….....8
ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ……...…11
1.1. Вплив ссавців на активність ферментів уреази, інвертази та каталази..16
1.2 Фізико-географічна характеристика району дослідження рекреаційного парку «Таврія»……19
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЯ……..……24
2.1 Відбір ґрунтових зразків та визначення активності ферментів...……24
2.2 Статистична обробка отриманих даних…….....29
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА…….……33
3.1 Ферментативна активність ґрунтів кленово-в’язового лісу за умов механічного впливу: середні значення, статистична мінливість та кореляційні зв’язки……..……33
3.2 Ферментативна активність ґрунтів антропогенно-трансформованої степової ділянки за умов механічного впливу ……...…43
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯЇ ……52
4.1. Техніка безпеки в польових умовах …….52
4.2. Правила надання першої допомоги …….54
4.3. Техніка безпеки при роботі за комп’ютером ……..57
4.4. Техніка безпеки при пожежах…….……59
ВИСНОВКИ……...……..61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……...……....62
ДОДАТОК А……67
ДОДАТОК Б…….68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОСИЛАНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АСНПП–Азово-Сиваський Національний природній парк

рр.–роки

о.–острів

БГЦ – біогеоценоз

пон. / пол. – пониження, полігональний степ

ВСТУП

Актуальність дослідження кваліфікаційної роботи. У сучасному ґрунтознавстві ґрунт розглядають не як рихлий продукт вивітрювання гірських порід, а як самостійне природне тіло та складну відкриту систему, формування якої зумовлюється взаємодією клімату, рельєфу, материнської породи, рослинності та тваринного світу. У межах такого підходу ґрунт трактують як біокосну систему, де жива речовина нерозривно пов’язана з мінеральною матрицею. Саме ґрунт є ключовою ланкою кругообігу речовин і енергії, що забезпечує підтримання його найважливішої властивості – родючості.

Важливе місце у функціонуванні ґрунтової системи займають біологічні процеси трансформації органічної речовини, які реалізуються за участю ґрунтової мікробіоти та ферментів, синтезованих мікроорганізмами, кореневими системами рослин і ґрунтовою фауною. Тому ферментативна активність ґрунту є інтегральним показником його біологічного стану та інтенсивності біохімічних перетворень.

Разом із тим, ферментативні процеси є чутливими до змін фізичних властивостей ґрунту. Значний вплив у цьому контексті має механічне навантаження (витоптування), яке за умов високої щільності копитних і/або інтенсивної рекреації супроводжується ущільненням ґрунту, порушенням структури, зміною пористості та погіршенням водно-повітряного режиму. Такі трансформації здатні опосередковано знижувати активність мікробіоти й ферментних систем, що робить актуальним дослідження змін ферментативної активності ґрунтів у рекреаційних ландшафтах. У зв’язку з цим вивчення стану ґрунтів рекреаційного парку «Таврія» за умов підвищеного механічного впливу є важливим для екологічної оцінки території та обґрунтування заходів її сталого використання.

Метою кваліфікаційної роботи є вивчення змін ферментативної активності ґрунтів рекреаційного парку «Таврія» під впливом механічного навантаження (витоптування) за умов високої щільності копитних та визначення відмінностей між ґрунтами стежок і прилеглих до них ділянок у різних біотопах.

Для досягнення поставленої мети було сформовано та виконано такі *завдання:*

1. виявити зміни активності основних ґрунтових ферментів під впливом витоптування копитними тваринами за умов їх високої щільності;
2. з’ясувати особливості ферментативної активності ґрунту на стежках і в прилеглих до них ділянках у межах досліджуваних біотопів;
3. охарактеризувати вертикальну диференціацію ферментативної активності в профілі (підстилка, 0–5, 5–10, 10–20 см);
4. здійснити порівняльну оцінку ферментативної активності ґрунтів у різних біотопах рекреаційного парку «Таврія».

Об’єктом дослідження є ґрунти рекреаційного парку «Таврія» за умов підвищеного механічного навантаження.

Предметом дослідження є ферментативна активність ґрунтів (каталаза, інвертаза, уреаза, фосфатаза, дегідрогеназа, пероксидаза) та її зміни залежно від витоптування і глибини ґрунтового профілю.

Методи дослідження: польовий відбір ґрунтових проб у різних біотопах і мікролокаціях (стежка/біля стежки); лабораторне визначення активності ґрунтових ферментів загальноприйнятими біохімічними методиками; статистична обробка результатів (описова статистика, оцінка варіабельності, кореляційний аналіз).

Наукова новизна. Для умов рекреаційного парку «Таврія» отримано кількісну характеристику активності ключових ґрунтових ферментів у різних горизонтах та встановлено особливості їх змін під впливом механічного навантаження на стежках і в прилеглих ділянках у межах різних біотопів.

Значення результатів наукового дослідження полягає в можливості застосування ферментативних показників як індикаторів екологічного стану ґрунтів при рекреаційному навантаженні та високій щільності копитних, а також у використанні отриманих даних для обґрунтування природоохоронних і рекреаційно-управлінських заходів у межах парку.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Рийна активність ссавців є однією з ключових форм середовищетворної діяльності тварин і відіграє важливу роль у перебігу біогеоценотичних процесів. Вона безпосередньо впливає на процеси ґрунтоутворення, а також на рівень біологічної та ферментативної активності ґрунтів, що підтверджується численними дослідженнями [1–4].

У роботах, присвячених вивченню біологічної активності ґрунтів техногенно трансформованих територій, показано, що рийна активність дрібних ссавців здатна суттєво змінювати інтенсивність ґрунтових біохімічних процесів. Зокрема, у дослідженнях С. М. Кірієнка та О. О. Дідура наведено результати експериментальних спостережень, виконаних на промислових територіях Криворіжжя, де порівнювали ділянки з наявністю пориїв та без впливу рийної діяльності мікромамалій [5, 6].

Отримані авторами дані свідчать, що за наявності пориїв активність окремих ґрунтових ферментів, зокрема уреази, зростає, що вказує на інтенсифікацію біохімічних процесів у ґрунтовому середовищі. Це пояснюється як механічним перемішуванням ґрунтової маси, так і зміною водно-повітряного режиму, розвитком мікрофлори та надходженням органічних сполук у ґрунт [5, 6].

Для оцінки впливу екологічних чинників на ферментативну активність ґрунту дослідники використовували методи статистичної обробки результатів, зокрема дисперсійний аналіз. Це дало змогу виявити залежність змін ферментативної активності від умов середовища, особливостей ґрунтового профілю та типу порушення ґрунту [7, 8].

У низці праць, присвячених ролі біотичних і абіотичних чинників у ґрунтоутворювальних процесах степової зони, підкреслюється, що мікромамалії

належать до важливих агентів педотурбації. Їхня діяльність супроводжується формуванням пориїв, винесенням ґрунтової маси на поверхню, перерозподілом органічної речовини та залученням її до кругообігу речовин. У такий спосіб ґрунторийні ссавці впливають не лише на фізичні параметри ґрунту, а й на функціонування всієї ґрунтової екосистеми [9–12].

Механічний вплив ссавців на ґрунт проявляється також у зміні його фізичних властивостей. Рийна діяльність, витоптування, утворення троп, лежанок і кормових ділянок зумовлюють зміни щільності, пористості, аерації, вологоутримання та водопроникності ґрунту. Для великих травоїдних і копитних тварин характерний значний вплив на структуру верхніх горизонтів ґрунту та на трансформацію процесів кругообігу елементів живлення [12, 13].

Отже, результати ґрунтово-зоологічних досліджень свідчать про складний і багатогранний характер впливу ссавців на ґрунт та процеси, що в ньому відбуваються. Особливе місце серед таких досліджень займають праці А. Є. Пахомова та співавторів, у яких детально обґрунтовано роль ссавців як важливого чинника трансформації ґрунтового середовища в степових і техногенно змінених екосистемах [1, 11, 14].

У цьому контексті ґрунт доцільно розглядати не лише як структурний елемент біогенного середовища біогеоценозу, а й як складну біокосну систему, здатну до саморозвитку та саморегуляції за рахунок діяльності організмів, які її населяють. Саме тому оцінка біологічної активності ґрунту є одним із найважливіших напрямів сучасних екологічних досліджень [2–4].

У працях, присвячених вивченню інвертазної та уреазної активності в ґрунтах лісових біогеоценозів степової зони, зазначається, що ґрунт являє собою багаторівневу систему з великою кількістю взаємопов’язаних компонентів. Основу цих взаємозв’язків становлять матеріально-енергетичні та інформаційні процеси, які забезпечують механізми формування, розвитку та функціонування ґрунтів. Вирішальну роль у цих процесах відіграють ґрунтові мікроорганізми та

ферменти, які визначають перебіг як синтетичних, так і деструктивних біохімічних реакцій [15–20].

Джерелами ґрунтових ферментів є рослини, ґрунтова мікробіота та фауна. Кореневі системи рослин і мікроорганізми синтезують та виділяють у ґрунтове середовище велику кількість органічних сполук, серед яких важливе місце належить ферментам. Саме ці речовини забезпечують трансформацію органічної речовини, мінералізацію сполук і мобілізацію елементів живлення [4, 21–23].

Після надходження до ґрунту частина ферментів інактивується, тоді як інша частина адсорбується на поверхні ґрунтових часток і певний час зберігає каталітичну активність. Інтенсивність цих процесів визначається фізико-хімічними властивостями ґрунту, вмістом органічної речовини, реакцією середовища та умовами ґрунтоутворення. Тому ферментативна активність ґрунтів є важливим інтегральним показником стану ґрунтової системи [4, 17, 18, 24].

Інтерес до вивчення ґрунтової інвертази зумовлений тим, що активність цього ферменту досить чутливо відображає біологічний стан ґрунту і корелює з вмістом гумусу, вуглеводів і загальним рівнем окультурення ґрунту. Уреаза, у свою чергу, пов’язана з процесами гідролізу сечовини та трансформацією азотистих сполук у доступні для рослин форми. Висока активність цих ферментів розглядається як важлива ознака інтенсивного перебігу біохімічних процесів у ґрунті [15, 16, 21, 25].

Уреаза є ферментом класу гідролаз і каталізує розщеплення сечовини з утворенням аміаку та вуглекислого газу. Для цього ензиму характерна висока субстратна специфічність, а його активність значною мірою залежить від температури, вологості, реакції середовища та вмісту азотистих сполук у ґрунті. Інвертаза також належить до класу гідролаз і забезпечує гідроліз сахарози з утворенням простих цукрів, що відіграють важливу роль у живленні мікроорганізмів [4, 21, 25, 26].

Визначення активності інвертази та уреази зазвичай проводять у лабораторних умовах із використанням стандартизованих методик та наступною статистичною обробкою результатів. Відбір ґрунтових проб здійснюють у різні сезони року, що дає змогу простежити сезонну динаміку ферментативної активності та пов’язати її зі змінами екологічних умов і функціонуванням біогеоценозів [15, 16, 26, 27].

За результатами досліджень у ґрунтах лісосмуг і лісових біогеоценозів степової зони встановлено, що інвертазна активність найчастіше підвищується у весняно-літній період, тоді як восени має тенденцію до зниження. Уреазна активність також досягає максимальних значень у теплу пору року. Це свідчить про тісний зв’язок ферментативної активності з гідротермічним режимом ґрунту, характером рослинного покриву та інтенсивністю життєдіяльності мікроорганізмів [15, 16, 27].

Біологічна активність ґрунтів є одним із найважливіших показників ґрунтоутворювального процесу та визначається сукупністю біологічних явищ, що відбуваються у ґрунті. Вона проявляється через мікробіологічну та ферментативну активність, інтенсивність ґрунтового дихання, трансформацію органічної речовини, накопичення проміжних продуктів розкладу та активність ґрунтової фауни. Усі ці компоненти тісно взаємопов’язані та обумовлюють рівень родючості ґрунту [3, 4, 23, 24].

На механічний вплив передусім реагує ґрунтова мікрофлора, яка визначає перебіг редукційних процесів і рівень мікробіологічної активності ґрунту. Інтенсивність її функціонування значною мірою залежить від температурного режиму, вологості, доступності органічної речовини та характеру аерації. Рийна діяльність ссавців, змінюючи ці параметри, опосередковано впливає й на розвиток мікробіоти [4, 19, 20, 24].

Ґрунтові ферменти являють собою сукупність біокаталізаторів, що надходять у ґрунт від мікроорганізмів, кореневих систем рослин і представників

ґрунтової мезофауни. У процесі виділення у ґрунт або після відмирання клітин частина ферментів руйнується, а частина зв’язується з мінеральними й органічними компонентами ґрунту, завдяки чому може довго зберігати біологічну активність [4, 21, 23, 28].

Вагомий вплив на біологічну активність ґрунтів справляє також ґрунтове населення, яке є початковою ланкою процесів деструкції органічної речовини. Особливу роль у цьому відіграють найпростіші організми, сапрофаги, педобіонти та ґрунторийні ссавці. Останні виносять на поверхню ґрунтову масу з глибших горизонтів, перемішують її з органічними рештками, сприяють зміні аерації та розвитку мікрофлори [1–3, 10].

Біологічна активність ґрунтів значною мірою визначається ферментами, які надходять до ґрунту внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів, розкладу рослинних і тваринних решток, а також за участю зоогенних процесів. Ферменти є високоактивними та специфічними каталізаторами білкової природи, а їхня дія суттєво залежить від щільності ґрунту, температури, вологості та вмісту органічної речовини [4, 17, 18, 21].

Ферментативна активність є поліфункціональною характеристикою ґрунту, що визначає інтенсивність перебігу біохімічних процесів ґрунтоутворення та формування родючості. Вона забезпечує трансформацію важкодоступних органічних і мінеральних сполук у форми, які можуть бути використані рослинами та ґрунтовими мікроорганізмами [4, 17, 18].

Активний ріст і розвиток рослин, а також інтенсифікація мікробіологічних процесів сприяють посиленню дії ґрунтових ферментів. Більшість дослідників підкреслює наявність прямого зв’язку між активністю каталази, інвертази, уреази та чисельністю ґрунтових мікроорганізмів. Водночас дедалі більше уваги приділяється ролі тварин у формуванні ферментативної активності ґрунту, хоча внесок хребетних, зокрема ссавців-ґрунториїв, досі досліджений недостатньо повно [1, 4, 21, 24].

Найважливішими чинниками, що визначають рівень ферментативної активності ґрунтів, є їхній фізичний стан та гідротермічний режим. Тісний зв’язок ферментативної активності з фізичними властивостями ґрунту значною мірою пояснює позитивний вплив рийної діяльності ссавців на цей показник. Саме тому інвертаза та уреаза можуть розглядатися як надійні індикатори біологічної активності ґрунтів та ролі ссавців-ґрунтотворців у процесах її інтенсифікації [1, 4, 15, 16].

1.1 Вплив ссавців на активність ферментів уреази, інвертази та каталази

Механічний вплив копитних тварин супроводжується руйнуванням структурних агрегатів ґрунту та його розпиленням. Зміни щільності й агрегатного складу ґрунтового покриву, як правило, призводять до зниження його водопроникності. Порушення фізичних властивостей ґрунту зумовлює трансформацію гідрологічного режиму території та низку супутніх процесів, що проявляються у зростанні поверхневого стоку талих і дощових вод, а також у посиленні змиву ґрунту. Сукупність зазначених змін негативно впливає на родючість ґрунтів і рівень первинної продуктивності пасовищних угідь, що розглядається як прояв абіотичних факторів впливу [12, 13, 30].

Оцінку ферментативної активності ґрунтів проводили за показниками активності уреази, яку визначали за кількістю утвореного амонійного азоту. Такий підхід є загальноприйнятим у ґрунтово-біохімічних дослідженнях і використовується для характеристики інтенсивності азотного обміну в ґрунті [4, 21, 26, 29]. Фактичні значення уреазної активності в умовах природного, не порушеного ґрунторийною діяльністю стану відображають специфіку фізико-хімічних і біоценотичних умов відповідних екосистем [1, 4].

Ступінь прояву впливу ґрунтоутворів на уреазну активність є неоднаковим для різних видів ссавців і змінюється залежно від локальних умов середовища. Чим жорсткіший і менш сприятливий ґрунтовий режим, тим виразніше проявляється вплив рийної діяльності на активність уреази. За умов сприятливого гідрологічного режиму цей вплив має варіабельний характер. Значну роль у формуванні уреазної активності відіграють глибина ґрунтового горизонту та морфологічні особливості пориїв [1, 15, 16].

Зокрема, у верхньому ґрунтовому горизонті під впливом ґрунтоутворів зазвичай фіксується підвищення уреазної активності, причому найбільш інтенсивно це проявляється в межах свіжих або відносно недавніх пориїв. У нижніх горизонтах активність уреази дещо знижується, однак під свіжими пориями вона часто залишається відносно високою. Загалом у різних типах лісових екосистем зі збільшенням глибини ґрунтового профілю спостерігається зменшення ступеня впливу рийної діяльності ссавців на підвищення уреазної активності ґрунту [1, 4, 16].

За даними А. Є. Пахомова, у природних умовах, у ґрунтах, не порушених діяльністю ссавців, рівень інвертазної активності в межах ґрунтового горизонту 0–20 см залежить від типу біогеоценозу. Динаміка інвертазної активності за ґрунтовими горизонтами значною мірою визначається типом порою та тривалістю його існування. У свіжих викидах пориїв перевищення інвертазної активності порівняно з контролем, як правило, не спостерігається, а в окремих випадках фіксується навіть її незначне зниження. За ґрунтовими горизонтами під пороєм активність інвертази або зменшується, або зниження відбувається лише в горизонті 0–10 см з подальшим підвищенням у горизонті 10–20 см. Незважаючи на локальні зниження активності інвертази в пориях різного віку та на різних глибинах, загальний вплив рийної діяльності ссавців на цей показник має позитивний характер [1, 15, 16].

Подібні закономірності простежуються і для каталази. Природна активність цього ферменту відповідає гідротермічному режиму та біогеоценотичним умовам досліджуваних екосистем. У цілому відзначається закономірність, подібна до тієї, що була встановлена для інших розглянутих ферментів: активність каталази зростає під впливом ґрунтоутворів у системах із більш жорстким гідротермічним режимом [1, 4, 21].

Окремо встановлено, що найбільш виражене підвищення каталазної активності внаслідок рийної діяльності характерне для впливу копитних тварин. У свіжих пориях активність каталази істотно зростає, а надалі її рівень дещо знижується, проте залишається відносно високим. У пориях мишоподібних гризунів уже в свіжих викидах активність каталази також зростає, після чого з глибиною спостерігається її поступове зниження [1, 11, 12].

Значний вплив рийної діяльності ссавців на ферментативну активність ґрунтів пояснюється сукупністю специфічних факторів. Насамперед це порушення ґрунтового режиму внаслідок діяльності ґрунтоутворів, що призводить до покращення гідротермічних умов і, відповідно, до активізації ферментативних процесів. Важливу роль відіграє й інтенсивний розвиток ґрунтової мікрофлори, яка часто є визначальним чинником формування ферментативної активності ґрунтів. Крім того, рийна діяльність супроводжується частковим руйнуванням ризосфери, що, з одного боку, порушує її цілісність, а з іншого – стимулює подальший розвиток. Відірвані частини кореневих систем зазнають інтенсивнішого розкладання під дією мікроорганізмів і ферментів. Надзвичайно важливим чинником є також постійне перебування ґрунтоутворів у зонах впливу, що сприяє надходженню до ґрунту значної кількості метаболітів, збагачених азотистими сполуками, зокрема у формі сечовини. Перемішування сечовини та екскрементів із ґрунтом стимулює розвиток мікрофлори і, як наслідок, підвищення ферментативної активності ґрунтів [1, 3, 10, 23].

Таким чином, рийна діяльність ссавців виступає одним із важливих екологічних чинників, що зумовлюють підвищення ферментативної активності ґрунтів. Посилення ферментативних процесів унаслідок діяльності ґрунтоїв сприяє інтенсифікації розкладу високомолекулярних органічних сполук, істотному зростанню вмісту доступних форм азоту в ґрунті та трансформації ряду ключових поживних елементів у форми, які легко засвоюються рослинами. У цілому через стимулювання ферментативної активності ґрунту рийна діяльність ссавців може розглядатися як один із суттєвих ґрунтоутворювальних факторів [1, 4, 11].

Вплив екскрецій тварин на хімічні властивості ґрунту проявляється у двох основних напрямах. По-перше, екскреції є додатковим джерелом надходження цінних поживних речовин, у результаті деструкції яких ґрунт збагачується мінеральними та неорганічними сполуками. По-друге, екскреції виконують роль хімічного каталізатора, прискорюючи процеси розкладання накопичених запасів органічної речовини. Сукупна дія цих чинників зумовлює зміни хімічних властивостей ґрунтів і сприяє підвищенню їх родючості. За даними досліджень, у місцях активної життєдіяльності тварин продуктивність пасовищних угідь може істотно зростати, а особливо виражений вплив екскрецій виявляється в процесах гумусоутворення, що має принципове значення для довготривалого функціонування ґрунтових екосистем [1, 10, 13].

1.2 Фізико-географічна характеристика району дослідження рекреаційного парку «Таврія»

Південна частина України переважно представлена степовою зоною, яка вирізняється серед інших фізико-географічних регіонів країни значними

запасами теплових ресурсів і тривалим періодом вегетації. Кліматичні умови цієї території характеризуються м'якою зимою та теплим, посушливим літом. Середні температури повітря та кількість атмосферних опадів у межах півдня України зумовлюють формування помірно посушливих умов зволоження, типових для степової зони [30–33].

Рекреаційний парк «Таврія» розташований на території Запорізької області, яка знаходиться у південно-східній частині України. Область межує на півночі та північному заході з Дніпропетровською, на сході – з Донецькою, на заході – з Херсонською областями, а з півдня омивається водами Азовського моря. За сукупністю природних умов Запорізька область належить до степової фізико-географічної зони, а її ґрунтово-кліматичні ресурси загалом є сприятливими для розвитку сільського господарства та існування степових і штучно трансформованих екосистем [30, 33, 34].

У геоструктурному відношенні територія області розташована в межах двох великих тектонічних структур – Українського щита та Причорноморської западини. Рельєф Запорізької області переважно рівнинний, слабко розчленований, із загальним нахилом у напрямку долини річки Дніпро та узбережжя Азовського моря. У південно-західній частині області простягається Придніпровська низовина, для якої характерні незначні коливання абсолютних і відносних висот [30, 33, 34].

У структурі рельєфу переважають ерозійно-акумулятивні та лесоакумулятивні рівнини, значною мірою розчленовані балками, ярами й річковими долинами. У південному напрямку Придніпровська низовина поступово переходить у Причорноморську низовину, в межах якої місцями трапляються блюдцеподібні зниження рельєфу. Південно-східна частина області представлена Приазовською височиною, для якої характерне поширення ізольованих височин, пов'язаних із виходами кристалічних порід на поверхню.

Схили височин значною мірою розчленовані глибокими річковими долинами [30, 33–35].

У напрямку до узбережжя Азовського моря абсолютні висоти поступово знижуються. Приазовська височина переходить у Причорноморську низовину, яка крутим уступом обривається до моря. Уздовж берегової лінії простягаються вузькі піщані коси, що омиваються водами Азовського моря та формують своєрідні прибережні ландшафти [30, 34, 35].

Клімат території дослідження характеризується як помірно континентальний, з малосніжною, відносно холодною зимою та жарким, посушливим літом. Середні температури січня в межах області змінюються від північних до південних районів, а середні температури липня є типовими для південної степової зони України. Тривалість періоду з середньодобовими температурами понад +10 °C є значною, а річна сума атмосферних опадів варіює в межах, характерних для посушливих степових територій. За несприятливих кліматичних умов у весняно-літній період можливе виникнення суховіїв і пилових бур [31–34].

Гідрографічна мережа Запорізької області представлена річками, ставками, водосховищами та підземними водами. Головною водною артерією регіону є річка Дніпро. Водні ресурси області мають важливе значення для функціонування природних екосистем, агроландшафтів та рекреаційних територій, зокрема в умовах недостатнього природного зволоження [30, 33, 34].

У структурі ґрунтового покриву області домінують чорноземи, які займають основну частину території. У північній частині поширені чорноземи звичайні, у південній – південні та південно-солонцюваті, значна частина яких розорана. На півдні та південному заході трапляються темно-каштанові та каштанові ґрунти з підвищеною солонцюватістю. У заплавах річок, уздовж берегів лиманів і на піщаних косах поширені солончакові ґрунти [17, 30, 34].

Запорізька область розташована в межах Східноєвропейської степової геоботанічної зони. Природна степова рослинність збереглася лише фрагментарно і представлена ділянками на схилах балок і ярів, на солончаках, у заболочених плавнях та подекуди на узбережжі Азовського моря. У межах Причорноморської низовини поширені типчаково-ковилові степи, тоді як у подах переважають степові та засолені луки. Уздовж морського узбережжя трапляються фрагменти прибережних степів [31, 34, 35].

Значну роль у структурі сучасного рослинного покриву області відіграють штучні насадження, лісосмуги та інші антропогенно створені елементи ландшафту. Тваринний світ регіону відзначається суттєвим різноманіттям, а на території області здійснюються природоохоронні заходи, спрямовані на збереження біорізноманіття, захист ґрунтів від ерозії та підтримання екологічної рівноваги [34, 36, 37].

Рекреаційний парк «Таврія» обмежений бетонною огорожею заввишки близько 2 м. У його північно-західній частині поширені насадження акації, клена та береста. Територією парку протікає річка з каскадом ставків загальною площею близько 9 га, береги яких зайняті очеретяними заростями. Від каскаду ставків у північному та південному напрямках простягаються пагорби заввишки до 20 м. Штучні кормові поля, оточені лісосмугами, щорічно піддаються меліоративним заходам. Загалом парк розташований у межах північної степової зони, а його природні умови відповідають загальним фізико-географічним особливостям південно-східної частини України [34, 35].

Річна кількість атмосферних опадів на території парку становить у середньому 400–480 мм. Літо характеризується сухістю та високими температурами, зима – помірною холодністю, м’якістю та частими відлигами. Середньорічна температура повітря коливається в межах, типових для степової зони, що разом із мозаїчністю біотопів, наявністю водойм, деревної рослинності

та відкритих ділянок створює специфічні умови для існування ссавців і перебігу ґрунтово-біологічних процесів [31–35].



Рисунок 1.2 – Географічне розташування парку «Таврія» з супутника URL: Заповідник ЗАЗ «Таврія» (дата звернення: 17.03.2026).

Таким чином, аналіз наукової літератури показав, що ссавці є важливим фактором трансформації ґрунтового середовища та суттєво впливають на перебіг ґрунтоутворювальних процесів. Рийна діяльність тварин змінює фізичні властивості ґрунту, його аерацію, водний режим і сприяє активізації ґрунтової мікрофлори. Встановлено, що під впливом ссавців підвищується активність основних ґрунтових ферментів, зокрема уреази, інвертази та каталази, які є важливими показниками біологічної активності ґрунту. Разом з тим питання впливу ссавців на ферментативну активність ґрунтів у штучно створених та рекреаційних екосистемах залишається недостатньо вивченим. Це обумовлює необхідність подальших досліджень у даному напрямку та визначає актуальність виконаної роботи.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Відбір ґрунтових зразків та визначення активності ферментів

Дослідження проводилися на території зоологічного парку «Таврія». Польові та лабораторні роботи виконували протягом 2023–2024 років. Відбір зразків цілинних ґрунтів здійснювали за генетичними горизонтами ґрунтового профілю з розрізів, закладених на постійних пробних площах, які найбільш повно відображають особливості досліджуваних біогеоценозів [17, 29].

У лабораторних умовах ґрунтові зразки підсушували за кімнатної температури, після чого просіювали через сито з діаметром отворів 1 мм. Підготовлений матеріал поміщали у поліетиленові пакети з відповідним маркуванням. Рослинні зразки та зразки лісової підстилки висушували до повітряно-сухого стану, подрібнювали за допомогою електричного млина та просіювали через те саме сито для уніфікації фракційного складу [21, 29].

Визначення активності ферментів

Під час вибору методів визначення ферментативної активності ґрунтів необхідно попередньо перевіряти їх придатність для аналізу конкретних типів ґрунтів. Зокрема, методики, апробовані для мінеральних ґрунтів, можуть бути використані для органогенних (торф’яних) ґрунтів лише за умови внесення відповідних коректив [4, 21].

Передусім важливим є підбір оптимального значення pH для кожного аналізованого ґрунту. Існує підхід, згідно з яким активність ферментів доцільно визначати за значенням pH, характерним для самого ґрунту. Однак у такому разі неможливо оцінити потенційну здатність ґрунту реагувати на зміну кислотності середовища. Крім того, на поверхні ґрунтових часток, де безпосередньо відбуваються ферментативні реакції, формуються різноманітні мікроумови з

різною градацією pH. Навіть у кислих ґрунтах можуть акумулюватися ферменти, оптимум дії яких припадає на нейтральне або слабколужне середовище [4, 21].

Слід також враховувати, що під час аналізу ґрунтів визначається сумарна дія великої кількості каталізаторів, які одночасно беруть участь у реакціях, у тому числі однойменних ферментів (інвертази, протеази тощо). Для забезпечення коректності порівняння зразків необхідно використовувати однакові навішування ґрунту [21].

Єдиного стандартного контролю для визначення ферментативної активності ґрунтів не існує. Найчастіше застосовують сумарний контроль, що включає два варіанти: ґрунт + буфер + вода (без додавання субстрату); субстрат + буфер (без ґрунту). Проте за такого підходу не враховується можливий вплив неорганічної частини ґрунту на субстрат. У той же час численними дослідженнями доведено, що на внесений у ґрунт субстрат можуть впливати каталізатори неорганічної природи. Особливо переконливо це встановлено на прикладі розкладання перекису водню в ґрунті. У зв’язку з цим під час визначення активності каталази необхідно враховувати вплив стерилізованого ґрунту на перекис водню [1, 2, 4, 21].

При визначенні інвертазної активності, особливо в ґрунтах з високим вмістом органічної речовини, використання стерилізованого ґрунту як контролю є недоцільним, оскільки його показники можуть значно перевищувати значення контролю «природний ґрунт + буфер + вода». Ймовірно, це пов’язано з гідролізом окремих компонентів органічної речовини в процесі аналізу [1, 2, 4, 21].

На сучасному етапі ферментативна активність ґрунтів не може бути коректно виражена на одиницю маси білка, у зв’язку з чим більшість дослідників оцінює її в перерахунку на одиницю маси ґрунту. Американські вчені вважають найбільш зручною формою вираження ферментативної активності кількість мікромолів продукту реакції, що утворюється за 1 годину на 1 г ґрунту за заданих

температурних умов і концентрації субстрату. Водночас під час дослідження ґрунтів із низькою ферментативною активністю необхідні більш тривалі експозиції для накопичення достатньої кількості продуктів реакції. У таких випадках першочерговим завданням є встановлення інтервалу часу, протягом якого швидкість реакції залишається сталою. За надмірно тривалих експозицій унаслідок накопичення продуктів реакції, що інгібують активність ферментів, швидкість реакцій поступово знижується [1, 2, 4, 21].

Визначення інвертазної активності ґрунту. Для оцінки інвертазної активності ґрунту застосовували колориметричний метод, який ґрунтується на визначенні кількості редукуючих цукрів, що утворюються внаслідок ферментативного гідролізу сахарози. Використання даного методу дає змогу скоротити тривалість експозиції до 4 годин, а для ґрунтів із високою біологічною активністю – до 2 годин. Метод базується на реакції редукуючих цукрів із 3,5-динітросаліциловою кислотою з утворенням забарвлених сполук, інтенсивність яких пропорційна кількості глюкози [4, 16, 21, 29].

Навішування ґрунту масою 1–5 г поміщали у колби з притертими пробками, додавали 200 мкл толуолу, 25 мл 8%-го розчину сахарози та 5 мл ацетатного буфера з pH 4,9. Колби інкубували у термостаті при температурі 37 °С протягом 4 годин. Після завершення експозиції суспензію фільтрували, у пробірки відбирали по 1 мл фільтрату, додавали 2 мл реактиву 3,5-динітросаліцилової кислоти та поміщали у киплячу водяну баню на 5 хвилин для повного розвитку забарвлення. Кип’ятіння припиняло дію ферменту та забезпечувало стабілізацію кольорової реакції. Після охолодження пробірки витримували 10–20 хвилин, доводили об’єм реакційної суміші до 10 мл, ретельно перемішували та проводили колориметричне вимірювання відносно контролю і стандартних розчинів глюкози [4, 16, 21, 29].

Визначення уреазної активності ґрунту. Уреазну активність ґрунту визначали за кількістю аміаку, що утворюється в результаті ферментативного

гідролізу сечовини. Вміст аміаку визначали колориметричним методом із застосуванням реактиву Несслера [4, 21, 26, 29].

Для аналізу 5 г повітряно-сухого мінерального ґрунту поміщали у колби об’ємом 100 мл, додавали 20 мл 2%-го розчину сечовини у фосфатному буфері (pH 6,7) та 200 мкл толуолу. Колби щільно закривали пробками та інкубували у термостаті при температурі 37 °С протягом 4 годин. Після завершення експозиції до вмісту колб додавали 1 мл 50%-го розчину трихлороцтової кислоти для зупинки ферментативної реакції. Для екстракції поглиненого аміаку додатково вносили 50 мл 1-нормального розчину KCl. Отриману суспензію фільтрували [4, 21, 26, 29].

Для колориметричного визначення аміаку 2 мл фільтрату переносили у мірну колбу об’ємом 50 мл, доводили об’єм дистильованою водою приблизно до 30 мл, після чого додавали 2 мл 50%-го розчину сегнетової солі та 2 мл реактиву Несслера. Об’єм доводили до мітки, суміш ретельно перемішували та проводили колориметрію при довжині хвилі 400 нм. Контрольними варіантами слугували: ґрунт + фосфатний буфер + толуол; розчин сечовини у фосфатному буфері + толуол. В обох контрольних варіантах після експозиції також додавали трихлороцтову кислоту. Активність уреази виражали у мг $N–NH_4^+$ на 1–5 г ґрунту за 4 години інкубації [4, 21, 26, 29].

Визначення фосфатазної активності ґрунту. Фосфатазну активність ґрунту визначали за кількістю мінерального фосфору, що утворюється внаслідок гідролізу органічних фосфорвмісних сполук [4, 21, 26, 29]. Для аналізу 5 г повітряно-сухого ґрунту поміщали у колби з притертими пробками, додавали 5 мл біфталатного буфера з pH 5,0, 10 мл 0,22%-го розчину гліцерофосфату натрію та 20 мкл толуолу. Суміш ретельно перемішували та інкубували у термостаті при температурі 30 °С протягом 24 годин. У контрольні зразки замість субстрату додавали 10 мл дистильованої води.

Після завершення інкубації колби охолоджували, до інкубаційної суміші додавали 3 мл 10%-го розчину трихлороцтової кислоти, перемішували та фільтрували. Для повного вилучення мінерального фосфору ґрунтовий залишок промивали 10%-м розчином соляної кислоти кількома порціями. Вміст фосфору у фільтраті визначали колориметричним методом із використанням фосфомолібденової реакції [21, 26, 29].

Визначення каталазної активності ґрунту Каталазну активність ґрунту визначали газометричним методом, який ґрунтується на обліку об'єму кисню, що виділяється внаслідок каталітичного розкладання перекису водню під дією ґрунтових ферментів [4, 21, 29]. Для аналізу наважку ґрунту масою 5 г поміщали у каталазник, додавали 3 мл трис-буфера з pH 7,2 та 5 мл 3%-го розчину перекису водню. Об'єм кисню, що виділявся в ході реакції, фіксували з інтервалом 30 секунд. Визначення проводили за температури 16–18 °С протягом 2 хвилин.

Контрольним зразком слугував ґрунт, який двічі стерилізували в автоклаві протягом 2 годин за тиску 2 атмосфери, що дозволяло врахувати неферментативний розклад перекису водню [4, 21, 29].

Визначення дегідрогеназної активності ґрунту. Дегідрогеназну активність ґрунту визначали за відновленням трифенілтетразолію хлориду (ТТХ) до трифенілформазану (ТФФ), кількість якого є показником інтенсивності окисно-відновних процесів у ґрунті [4, 21, 29]. Для аналізу 5 г свіжого ґрунту поміщали у колби об'ємом 50 мл, додавали 0,2 г $CaCO_3$, 1 мл 1%-го розчину ТТХ, 1 мл 2%-го розчину глюкози та 8 мл дистильованої води. У контрольному варіанті замість глюкози вносили відповідний об'єм дистильованої води.

При визначенні дегідрогеназної активності лісових підстилок навішування зменшували до 1 г, при цьому кількість розчину ТТХ збільшували вдвічі. Колби з інкубаційною сумішшю поміщали в ексикатор, з якого видаляли повітря до створення розрідження 20–30 мм рт. ст., після чого витримували у термостаті при температурі 28 °С протягом 4 годин.

Трифенілформазан, що утворився в результаті реакції, екстрагували ступінчасто 40 мл етилового спирту. Ґрунтові суспензії центрифугували при 4000 g, а суспензії підстилок фільтрували через скловату. Кількість утвореного ТФФ визначали спектрофотометрично при довжині хвилі 485 нм. Активність дегідрогенази виражали у мг ТФФ за 24 години на 10 г абсолютно сухої маси ґрунту. Екстракцію ТФФ проводили у захищених від світла колбах, оскільки під дією світла інтенсивність забарвлення швидко зменшується. Контрольними варіантами слугували: ґрунт з усіма реактивами, за винятком ТТХ; суміш усіх реактивів без додавання ґрунту [4, 21, 29].

2.2 Статистична обробка отриманих даних

Статистичну обробку результатів досліджень проводили з метою узагальнення експериментальних даних, оцінки рівня варіабельності показників, а також встановлення достовірності відмінностей між досліджуваними варіантами. Для цього використовували методи варіаційної статистики, які широко застосовуються у ґрунтознавчих та екологічних дослідженнях [7, 8].

Основною узагальнюючою характеристикою вибірки слугувала середня арифметична величина, яка відображає центральну тенденцію ряду значень. Середня арифметична – це така величина, для якої сума позитивних і негативних відхилень окремих значень від середнього дорівнює нулю. У статистичних розрахунках її позначають символом $\bar{X}$ [7, 8].

Для кожного показника визначали мінімальні та максимальні значення, що характеризують межі варіювання вибірки:

$$Lim_{max} = X_{max} \quad (2.1)$$

$$Lim_{min} = X_{min} \quad (2.2)$$

Середнє арифметичне значення обчислювали за формулою:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.3)$$

де:

x_i −окремі значення показника,

n– кількість спостережень [7].

Для оцінки точності середнього значення розраховували помилку середньої арифметичної, яка відображає ступінь надійності отриманого результату:

$$m_{\bar{X}} = \frac{\delta}{\sqrt{n-1}} \quad (2.4)$$

Середнє квадратичне відхилення (δ) використовували для характеристики варіабельності показника в межах вибірки та обчислювали за формулою:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - x_i)^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

Помилку середнього квадратичного відхилення визначали за формулою:

$$m_\delta = \frac{\delta}{\sqrt{2n}} \quad (2.6)$$

Для оцінки достовірності різниці між двома середніми величинами застосовували критерій, який визначається як відношення різниці середніх до суми їхніх похибок:

$$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (2.7)$$

де:

$\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$– середні значення порівнюваних вибірок,

m_1, m_2– відповідні помилки середніх [7, 8].

Рівень статистичної достовірності оцінювали за ймовірністю помилки P. Прийнято такі градації достовірності результатів:

$P = 0{,}95$– низька достовірність (*);

$P = 0{,}98$– середня достовірність (**);

$P = 0{,}99$– висока достовірність (***) [7, 8].

Кореляційний аналіз.

Для встановлення сили та напряму взаємозв'язку між досліджуваними показниками застосовували кореляційний аналіз. Значення коефіцієнта кореляції інтерпретували відповідно до загальноприйнятої шкали (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Кореляційні значення та їх характеристика

0	немає залежності
0-0,25	низька залежність
0,25-0,49	залежність нижче середньої
0,5	середня залежність
0,5-0,75	залежність вище середньої
0,75-0,99	висока залежність
1	повна залежність

Оцінка мінливості показників. Для характеристики мінливості досліджуваних ознак використовували дисперсію та середнє квадратичне відхилення. Дисперсія є показником варіації ознаки, однак вона є іменованою величиною та залежить не лише від ступеня варіювання, але й від одиниці

вимірювання середнього арифметичного значення. У зв’язку з цим порівняння мінливості за абсолютними значеннями дисперсії можливе лише для одних і тих самих показників.

Середнє квадратичне відхилення є більш універсальним показником варіабельності, оскільки дозволяє оцінювати ступінь розсіювання значень відносно середнього арифметичного. Водночас порівняння середніх квадратичних відхилень різних ознак за абсолютною величиною є некоректним, що необхідно враховувати під час інтерпретації результатів статистичного аналізу [7–8].

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Ферментативна активність ґрунтів кленово-в’язового лісу за умов механічного впливу: середні значення, статистична мінливість та кореляційні зв’язки

Щодо середніх значень показників ферментативної активності ґрунтів кленово-в’язового лісу рекреаційного парку «Таврія» (Додаток А), встановлено чітку диференціацію як за вертикальним ґрунтовим профілем, так і залежно від рівня рекреаційного навантаження. Усі досліджувані ферменти – каталаза, інвертаза, уреаза, фосфатаза, дегідрогеназа та пероксидаза – демонструють закономірне зниження активності від горизонту підстилки до мінерального шару ґрунту на глибині 10–20 см як на стежці, так і в зоні біля стежки.

На стежці максимальні значення ферментативної активності зафіксовані у горизонті підстилки. Зокрема, активність каталази становить 7,793 O_2 г·см$^{-1}$·хв$^{-1}$, інвертази – 9,220 мг глюкози на 1 г ґрунту, уреази – 0,967 мг аміаку на 1 г ґрунту за 24 години, фосфатази – 0,837 мг P_2O_5 на 10 г ґрунту за 1 годину, дегідрогенази – 7,087 мг формазану на 10 г ґрунту за 24 години, а пероксидази – 1,900 мг пурпургаліну на 1 г ґрунту за 24 години. У нижчих горизонтах відзначається поступове зменшення активності всіх ферментів, і в шарі 10–20 см їх значення досягають мінімальних рівнів (каталаза – 7,427; інвертаза – 8,800; уреаза – 0,813; фосфатаза – 0,647; дегідрогеназа – 6,940; пероксидаза – 1,737), що свідчить про ослаблення біохімічних процесів у глибших мінеральних шарах ґрунту (Додаток А).

У зоні біля стежки ферментативна активність ґрунтів є суттєво вищою порівняно зі стежкою в усіх досліджуваних горизонтах.

Так, у підстилці активність каталази становить 12,893 O_2 г·см$^{-1}$·хв$^{-1}$, що майже в 1,7 раза перевищує відповідний показник на стежці. Особливо виражені

відмінності спостерігаються для інвертази, активність якої у підстилці біля стежки досягає 57,733 мг глюкози на 1 г ґрунту, що у понад 6 разів більше, ніж на стежці. Аналогічна тенденція характерна і для уреази (1,313 проти 0,967 мг аміаку), фосфатази (0,987 проти 0,837 мг P_2O_5), дегідрогенази (8,827 проти 7,087 мг формазану) та пероксидази (2,213 проти 1,900 мг пурпургаліну) (Додаток А).

Зі збільшенням глибини ґрунтового профілю в зоні біля стежки також простежується поступове зниження активності всіх ферментів. У горизонті 10–20 см значення активності залишаються високими порівняно зі стежкою, проте є мінімальними в межах цього біотопу (каталаза – 12,787; інвертаза – 56,567; уреаза – 1,143; фосфатаза – 0,820; дегідрогеназа – 8,737; пероксидаза – 2,053), що відображає зменшення концентрації органічної речовини та активності ґрунтової мікробіоти з глибиною.

Отримані результати свідчать, що рекреаційне навантаження, зосереджене на стежках, призводить до зниження ферментативної активності ґрунтів, особливо у поверхневих горизонтах. Це, ймовірно, пов’язано з ущільненням ґрунту, порушенням його структури, зменшенням пористості та погіршенням водно-повітряного режиму. Водночас у зоні біля стежки, де антропогенний тиск є нижчим, зберігаються більш сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів і функціонування ферментних систем, що зумовлює значно вищий рівень біологічної активності ґрунтів.

Аналіз статистичних характеристик активності каталази в ґрунтах кленово-в’язового лісу рекреаційного парку «Таврія» (табл. 3.1) показав чітку вертикальну диференціацію показників як на стежці, так і в зоні біля стежки. Максимальні та мінімальні значення (max і min) каталази в обох біотопах мають тенденцію до поступового зниження від горизонту підстилки до шару 10–20 см, що свідчить про ослаблення інтенсивності окисно-відновних процесів з глибиною ґрунтового профілю.

На стежці похибка середнього значення (Mx̄) каталази зростає від підстилки (0,074) до горизонту 5-10 см (0,127), що вказує на підвищену варіабельність показника в умовах рекреаційного навантаження. У горизонті 10-20 см відзначається зменшення похибки до 0,106, що може бути пов'язано зі зниженням біологічної активності та стабілізацією умов у глибших шарах ґрунту. Середнє квадратичне відхилення (δ) на стежці збільшується від підстилки до горизонту 5-10 см (0,105-0,179), після чого зменшується в горизонті 10-20 см (0,150). Аналогічна динаміка характерна і для похибки середнього квадратичного відхилення (Mδ), що підтверджує нерівномірність впливу антропогенного навантаження на верхні горизонти ґрунту (Табл. 3.1.).

Таблиця 3.1 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту каталази проб ґрунту кленово-в'язового лісу

Каталаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	7,900	7,690	0,074	0,105	0,043
	0-5 см	7,710	7,470	0,085	0,120	0,049
	5-10 см	7,650	7,300	0,127	0,179	0,073
	10-20 см	7,580	7,280	0,106	0,150	0,061
біля стежки	Підстилка	12,960	12,820	0,050	0,070	0,029
	0-5 см	12,920	12,800	0,044	0,062	0,025
	5-10 см	12,900	12,770	0,048	0,068	0,028
	10-20 см	12,860	12,730	0,047	0,067	0,027

У зоні біля стежки статистичні показники каталази є більш стабільними. Значення Mx̄ зменшуються від підстилки (0,050) до горизонту 0-5 см (0,044), після чого незначно зростають у шарі 5-10 см і знову зменшуються в горизонті

10-20 см. Середнє квадратичне відхилення (δ) і його похибка (Mδ) мають незначні коливання, що свідчить про відносно однорідні умови функціонування ферментних систем за відсутності прямого рекреаційного впливу.

Таблиця 3.2 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту інвертази проб ґрунту кленово-в'язового лісу

Інвертаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	9,340	9,100	0,085	0,120	0,049
	0-5 см	9,200	9,000	0,075	0,106	0,043
	5-10 см	9,180	8,400	0,313	0,442	0,180
	10-20 см	9,120	8,200	0,369	0,520	0,212
біля стежки	Підстилка	58,700	57,000	0,620	0,874	0,357
	0-5 см	58,640	56,800	0,686	0,968	0,395
	5-10 см	58,500	56,300	0,807	1,137	0,464
	10-20 см	58,400	54,600	1,350	1,904	0,777

Аналіз статистичних показників інвертазної активності показав подібну тенденцію вертикального зниження max і min значень як на стежці, так і біля стежки, однак із більш вираженою варіабельністю, особливо у глибших горизонтах. На стежці похибка середнього значення ($M\bar{x}$) зменшується від підстилки (0,085) до горизонту 0-5 см (0,075), що свідчить про відносну стабільність активності у верхньому мінеральному шарі. Водночас у горизонтах 5-10 см і 10-20 см $M\bar{x}$ різко зростає (0,313-0,369), що вказує на значну неоднорідність умов трансформації вуглеводів у цих шарах (Табл. 3.2.).

Середнє квадратичне відхилення (δ) інвертази на стежці зменшується у горизонті 0-5 см (0,106), проте суттєво зростає в горизонтах 5-10 см і 10-20 см (0,442-0,520). Відповідно зростає і похибка Mδ (0,180-0,212), що свідчить про високу мінливість ферментативної активності в глибших шарах ґрунту під впливом рекреаційного навантаження.

У зоні біля стежки для інвертази характерне поступове зростання M$\bar{x}$, δ та Mδ від підстилки до горизонту 10–20 см, що відображає більш інтенсивні, але водночас більш варіабельні процеси трансформації органічної речовини в умовах менш порушеного ґрунтового середовища .

Загалом статистичний аналіз підтверджує, що рекреаційне навантаження призводить до зростання мінливості ферментативної активності ґрунтів, особливо для інвертази, тоді як у зоні біля стежки умови функціонування ферментних систем є більш стабільними та екологічно врівноваженими.

У таблиці 3.3 та 3.4 наведені статистичні показники активності ферментів уреази та фосфатази в ґрунтах кленово-в’язового лісу рекреаційного парку «Таврія». Аналіз даних свідчить про чітко виражену вертикальну диференціацію значень ферментативної активності як на стежці, так і в зоні біля стежки.

Для уреази встановлено, що максимальні та мінімальні значення (max і min) в обох біотопах мають тенденцію до поступового зменшення від горизонту підстилки до шару 10–20 см. Це відображає зниження інтенсивності процесів азотного обміну з глибиною ґрунтового профілю. На стежці похибка середнього значення (M$\bar{x}$) зменшується від підстилки (0,015) до горизонту 0–5 см (0,008), що свідчить про відносну стабільність активності у верхньому мінеральному шарі. У горизонті 5–10 см відзначається зростання M$\bar{x}$ до 0,014, після чого в шарі 10–20 см вона знову зменшується до 0,008. Така динаміка вказує на підвищену варіабельність уреазної активності в середніх горизонтах ґрунту під впливом рекреаційного навантаження (Табл. 3.3.).

Таблиця 3.3 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту уреази проб ґрунту кленово-в’язового лісу

Уреаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	0,990	0,950	0,015	0,021	0,008
	0-5 см	0,930	0,910	0,008	0,012	0,005
	5-10 см	0,900	0,860	0,014	0,020	0,008
	10-20 см	0,820	0,800	0,008	0,012	0,005
біля стежки	Підстилка	1,400	1,200	0,073	0,103	0,042
	0-5 см	1,380	1,190	0,068	0,095	0,039
	5-10 см	1,290	1,150	0,054	0,076	0,031
	10-20 см	1,200	1,110	0,035	0,049	0,020

Середнє квадратичне відхилення (δ) уреази на стежці зменшується від підстилки (0,021) до горизонту 0–5 см (0,012), що відповідає зниженню розсіювання значень. У горизонті 5–10 см δ зростає до 0,020, після чого знову зменшується до 0,012 у горизонті 10–20 см. Аналогічну тенденцію демонструє і похибка середнього квадратичного відхилення (Mδ), яка зменшується від 0,008 до 0,005, зростає в горизонті 5–10 см та знову зменшується у нижньому горизонті. У зоні біля стежки всі статистичні показники уреази ($M\bar{x}$, δ, Mδ) демонструють послідовну тенденцію до зменшення з глибиною, що свідчить про більш однорідні та стабільні умови функціонування ферментної системи за меншого антропогенного впливу (Табл. 3.3.).

Аналіз статистичних характеристик фосфатазної активності показав подібну закономірність. Максимальні та мінімальні значення фосфатази як на стежці, так і біля стежки зменшуються від горизонту підстилки до шару 10–20 см, що відображає зниження інтенсивності мінералізації органічних сполук

фосфору з глибиною ґрунту. Похибка середнього значення (Mx̄) у обох біотопах має чітку тенденцію до зменшення від підстилки до горизонту 10–20 см, що свідчить про зниження варіабельності показника у глибших шарах.

Таблиця 3.4 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту фосфатази проб ґрунту кленово-в'язового лісу

Фосфатаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	0,940	0,700	0,088	0,123	0,050
	0-5 см	0,810	0,660	0,056	0,079	0,032
	5-10 см	0,770	0,650	0,043	0,061	0,025
	10-20 см	0,700	0,610	0,034	0,047	0,019
біля стежки	Підстилка	1,130	0,820	0,111	0,156	0,064
	0-5 см	1,060	0,760	0,110	0,155	0,063
	5-10 см	1,000	0,730	0,099	0,140	0,057
	10-20 см	0,960	0,700	0,093	0,131	0,054

Середнє квадратичне відхилення (δ) фосфатази на стежці та біля стежки також поступово зменшується з глибиною ґрунтового профілю, що вказує на зменшення розсіювання значень і стабілізацію умов фосфорного обміну. Аналогічна тенденція характерна і для похибки середнього квадратичного відхилення (Mδ), яка зменшується від підстилки до горизонту 10–20 см в обох біотопах (Табл. 3.4).

Загалом статистичний аналіз показує, що активність уреази та фосфатази найбільш варіабельна у верхніх горизонтах ґрунту, особливо на стежці, де рекреаційне навантаження порушує ґрунтову структуру та умови функціонування мікробіоти. У зоні біля стежки ферментативні показники є більш

стабільними, що свідчить про сприятливіші умови для перебігу біохімічних процесів і менш виражений антропогенний вплив.

Аналіз статистичних даних таблицю 3.5 та 3.6 свідчить про виражену вертикальну диференціацію активності дегідрогенази та пероксидази в ґрунтах кленово-в'язового лісу рекреаційного парку «Таврія» як на стежці, так і в зоні біля стежки. Для дегідрогенази встановлено, що максимальні та мінімальні значення (max і min) в обох біотопах мають тенденцію до поступового зменшення від горизонту підстилки до шару 10–20 см, що відображає зниження інтенсивності окисно-відновних процесів з глибиною ґрунтового профілю.

Таблиця 3.5 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту дегідрогенази проб ґрунту кленово-в'язового лісу

Дегідрогеназа						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	7,110	7,040	0,029	0,040	0,016
	0-5 см	7,080	7,000	0,031	0,044	0,018
	5-10 см	7,000	6,960	0,016	0,023	0,009
	10-20 см	6,970	6,900	0,026	0,036	0,015
біля стежки	Підстилка	8,950	8,760	0,076	0,107	0,044
	0-5 см	8,900	8,740	0,060	0,085	0,035
	5-10 см	8,870	8,710	0,062	0,087	0,036
	10-20 см	8,810	8,700	0,045	0,064	0,026

На стежці похибка середнього значення ($M\bar{x}$) дегідрогенази зростає від підстилки до горизонту 0–5 см (0,029–0,031), після чого зменшується до 0,016 у горизонті 5–10 см та знову збільшується в горизонті 10–20 см. Середнє квадратичне відхилення (δ) на стежці також збільшується у верхньому

мінеральному шарі (0,040–0,044), зменшується у горизонті 5–10 см (0,023) та повторно зростає у шарі 10–20 см (0,036). Аналогічна хвилеподібна динаміка характерна і для похибки середнього квадратичного відхилення (Mδ), що свідчить про нерівномірну мінливість дегідрогеназної активності в умовах рекреаційного навантаження (Табл. 3.5).

У зоні біля стежки статистичні показники дегідрогенази є більш згладженими. Значення $M\bar{x}$ зменшуються від підстилки до горизонту 0–5 см (0,076–0,060), дещо зростають у горизонті 5–10 см (0,062) та знову зменшуються в горизонті 10–20 см (0,045). Середнє квадратичне відхилення (δ) і його похибка (Mδ) демонструють подібну тенденцію, що вказує на більш стабільні умови перебігу окисно-відновних процесів за меншого антропогенного впливу (Табл. 3.5).

Щодо пероксидазної активності, то максимальні та мінімальні значення (max і min) як на стежці, так і біля стежки мають загальну тенденцію до зменшення від горизонту підстилки до шару 10–20 см. На стежці похибка середнього значення ($M\bar{x}$) зменшується від підстилки до горизонту 0–5 см (0,246–0,223), у горизонті 5–10 см зростає до 0,246 та знову зменшується до 0,227 у нижньому горизонті. Середнє квадратичне відхилення (δ) і похибка Mδ демонструють аналогічну динаміку, що свідчить про зміну варіабельності пероксидазної активності залежно від глибини ґрунту та ступеня порушення (Табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту дегідрогенази проб ґрунту кленово-в’язового лісу

Пероксидаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	2,300	1,700	0,246	0,346	0,141
	0-5 см	2,260	1,700	0,223	0,315	0,129
	5-10 см	2,200	1,600	0,246	0,346	0,141
	10-20 см	2,100	1,500	0,227	0,319	0,130
біля стежки	Підстилка	2,300	2,130	0,060	0,085	0,035
	0-5 см	2,270	2,040	0,082	0,116	0,047
	5-10 см	2,220	1,960	0,095	0,135	0,055
	10-20 см	2,180	1,920	0,092	0,130	0,053

У зоні біля стежки для пероксидази характерне зростання показників мінливості від підстилки до горизонту 5–10 см із подальшим зменшенням у горизонті 10–20 см, що може бути пов’язано з більш рівномірним розподілом органічної речовини та стабільнішими умовами функціонування мікробіоти (Табл. 3.6.).

Загалом отримані статистичні дані свідчать, що дегідрогеназна та пероксидазна активність найбільш чутливо реагує на зміну умов у верхніх горизонтах ґрунту, особливо на стежці, де рекреаційне навантаження спричиняє підвищену мінливість показників. У зоні біля стежки ферментативна активність є більш стабільною, що вказує на сприятливіші умови перебігу ґрунтових біохімічних процесів.

Таблиця 3.7 – Залежність змін вмісту ферментів у ґрунті від механічного впливу (витоптування) копитних в кленово-в’язовомулісі (коефіцієнт кореляції)

Горизонт / Ферменти	Підстилка	0-5 см	5-10 см	10-20 см
Каталаза	-0,998	-0,753	-0,861	-0,647
Інвертаза	0,687	0,484	0,287	-0,099
Уреаза	0,874	-0,908	-0,924	0,585
Фосфатаза	0,157	-0,073	0,428	0,984
Дегідрогеназа	0,459	0,728	0,596	0,240
Пероксидаза	0,882	0,825	0,708	0,923

В таблиці 3.7 наведені дані щодо змін вмісту ферментів ґрунтових проб від механічного впливу (витоптування) копитних в кленово-в’язовомулісі, де показана кореляція та помилка кореляції. В кленово-в’язовому лісі найбільше спостерігається висока залежність в 10 випадках, 6 випадків – це залежність вище середньої; щодо низької залежності та залежності нижче середньої спостерігається в 4 випадках, щодо повної залежності, середньої залежності та відсутньої залежності не спостерігається.

3.2 Ферментативна активність ґрунтів антропогенно-трансформованої степової ділянки за умов механічного впливу

В Додатку Б наведені середні значення показників ферментів. У таких ферментів, як каталаза, інвертаза, уреаза, фосфатаза, дегідрогенази та

пероксидази як на стежці так і біля стежки спостерігається тенденція до зменшення від горизонтів підстилка до 10-20см.

Аналізуючи статистичні дані таблиці 3.8 ферменту каталази, то максимальне та мінімальне значення (max і min) на стежці та біля стежки мають тенденцію до зменшення від горизонту підстилка до 10-20 см.Похибка середнього значення ($Mx_{сер}$) на стежці збільшується від горизонту підстилка до 10-20см, а біля стежки від горизонту підстилка до 5-10см зменшується та збільшується в горизонті 10-20см.

Таблиця 3.8 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту ферментів проб ґрунту антропогенно-трансформованої степової ділянки

Каталаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	9,220	8,800	0,153	0,216	0,088
	0-5 см	9,160	8,500	0,244	0,344	0,141
	5-10 см	9,150	8,400	0,307	0,433	0,177
	10-20 см	9,120	8,200	0,337	0,476	0,194
біля стежки	Підстилка	11,380	11,210	0,060	0,085	0,035
	0-5 см	11,310	11,170	0,051	0,072	0,029
	5-10 см	11,260	11,150	0,040	0,057	0,023
	10-20 см	11,200	11,040	0,058	0,082	0,033

Середнє квадратичне відхилення(δ) на стежці збільшується від горизонту підстилка до 10-20см, а біля стежки від горизонту підстилка до 5-10см зменшується та збільшується в горизонті 10-20см. Похибка середнього

квадратичного відхилення (Mδ) на стежцізбільшується від горизонту підстилка до 10-20см, а біля стежки від горизонту підстилка до 5-10см зменшується та збільшується в горизонті 10-20см (Табл 3.8.).

Щодо ферменту інвертази, то максимальне та мінімальне значення (max і min) на стежці та біля стежки має тенденцію до зменшення від горизонтів підстилки до 10-20см.

Таблиця 3.9 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту ферментів проб ґрунту антропогенно-трансформованої степової ділянки

Інвертаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	19,480	19,300	0,064	0,091	0,037
	0-5 см	19,410	19,250	0,058	0,082	0,033
	5-10 см	19,360	19,100	0,093	0,131	0,054
	10-20 см	19,300	19,000	0,109	0,154	0,063
біля стежки	Підстилка	21,370	21,100	0,096	0,135	0,055
	0-5 см	21,300	21,000	0,108	0,153	0,062
	5-10 см	21,260	20,860	0,147	0,207	0,084
	10-20 см	21,200	20,800	0,145	0,204	0,083

Похибка середнього значення ($Mx_{сер}$) на стежці зменшується від підстилки до 0-5см та збільшується від горизонту 5-10 см до 10-20см; біля стежки збільшується від підстилки до 0-5 см і становить від 0,096 до 0,108, збільшується до 0,147 в горизонті 5-10см та зменшується в горизонті 10-20 см до 0,145. Середнє квадратичне відхилення(δ) на стежці зменшується від підстилки до 0-5 см та збільшується від горизонту 5-10 см до 10-20см; біля стежки збільшується від

горизонту підстилки до 5-10см та зменшується в горизонті 10-20см. Похибка середнього квадратичного відхилення (Mδ) на стежці зменшується від горизонту підстилки до 0-5 см, потім збільшується до горизонту 10-20 см; біля стежки збільшується від горизонту підстилка до 5-10 см, але зменшується в горизонті 10-20 см (Табл.3.9.).

Статистичні дані таблиць 3.10 та 3.11. характеризують просторову мінливість активності уреази та фосфатази в ґрунтах антропогенно трансформованої степової ділянки як на стежці, так і в зоні біля стежки. Для уреази встановлено, що максимальні значення (max) в обох біотопах мають тенденцію до зменшення від горизонту підстилки до шару 10–20 см. Мінімальні значення (min) на стежці знижуються від підстилки до горизонту 5–10 см з подальшим незначним підвищенням у горизонті 10–20 см, тоді як біля стежки відмічається послідовне зниження min у межах усього профілю (Табл 3.10).

Таблиця 3.10 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту ферментів проб ґрунту антропогенно-трансформованої степової ділянки

Уреаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	3,100	2,800	0,108	0,153	0,062
	0-5 см	3,060	2,700	0,140	0,197	0,081
	5-10 см	3,040	2,500	0,208	0,294	0,120
	10-20 см	3,000	2,600	0,142	0,200	0,082
біля стежки	Підстилка	0,860	0,760	0,036	0,051	0,021
	0-5 см	0,850	0,730	0,049	0,069	0,028
	5-10 см	0,800	0,580	0,078	0,110	0,045
	10-20 см	0,770	0,560	0,074	0,105	0,043

Похибка середнього значення (Mx̄) уреази на стежці зростає від підстилки до горизонту 5–10 см і зменшується в шарі 10–20 см, що свідчить про підвищену варіабельність ферментативної активності в зоні найбільшого антропогенного впливу. Біля стежки Mx̄ також зростає до горизонту 5–10 см із подальшим зменшенням у нижньому горизонті. Середнє квадратичне відхилення (δ) та його похибка (Mδ) для уреази в обох біотопах демонструють подібну динаміку: зростання до горизонту 5–10 см і зниження в горизонті 10–20 см, що відображає ослаблення ферментативної активності з глибиною ґрунтового профілю (Табл 3.10).

Таблиця 3.11 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту ферментів проб ґрунту антропогенно-трансформованої степової ділянки

Фосфатаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	0,310	0,230	0,028	0,040	0,016
	0-5 см	0,300	0,220	0,028	0,040	0,016
	5-10 см	0,270	0,200	0,026	0,036	0,015
	10-20 см	0,230	0,170	0,021	0,030	0,012
біля стежки	Підстилка	0,970	0,900	0,025	0,035	0,014
	0-5 см	0,860	0,840	0,007	0,010	0,004
	5-10 см	0,850	0,710	0,054	0,076	0,031
	10-20 см	0,820	0,700	0,049	0,069	0,028

Для фосфатази характерною є чітка тенденція до зменшення максимальних і мінімальних значень (max і min) від підстилки до горизонту 10–20 см як на

стежці, так і біля неї. Похибка середнього значення (Mx̄) на стежці поступово зменшується з глибиною, що вказує на відносну стабільність цього показника в нижчих горизонтах. Біля стежки Mx̄ зменшується від підстилки до горизонту 0–5 см, зростає в шарі 5–10 см та знову знижується в горизонті 10–20 см, що свідчить про нерівномірний вплив антропогенного навантаження на фосфатазну активність (Табл.3.11).

Середнє квадратичне відхилення (δ) і похибка середнього квадратичного відхилення (Mδ) фосфатази на стежці зменшуються від підстилки до горизонту 10–20 см. У зоні біля стежки δ і Mδ знижуються в поверхневих горизонтах, підвищуються в шарі 5–10 см та зменшуються в нижньому горизонті, що відображає локальну варіабельність процесів фосфорного обміну (Табл 3.11).

Загалом результати статистичного аналізу свідчать, що активність уреази та фосфатази є чутливими індикаторами антропогенного впливу. Максимальна мінливість показників спостерігається у приповерхневих горизонтах, тоді як у глибших шарах ґрунту ферментативна активність стає більш стабільною.

Статистичні дані таблиць 3.12 та 3.13 свідчать про виражену вертикальну диференціацію активності дегідрогенази та пероксидази в ґрунтах антропогенно трансформованої степової ділянки як на стежці, так і в зоні біля стежки.

Для дегідрогенази встановлено, що максимальні та мінімальні значення (max і min) в обох біотопах послідовно зменшуються від горизонту підстилки до шару 10–20 см, що вказує на зниження інтенсивності окисно-відновних процесів із глибиною ґрунтового профілю. Похибка середнього значення (Mx̄) на стежці зростає в горизонті 0–5 см, зменшується в шарі 5–10 см та знову підвищується в горизонті 10–20 см. Біля стежки Mx̄ знижується в поверхневому шарі, після чого поступово зростає в нижчих горизонтах, що свідчить про підвищену варіабельність дегідрогеназної активності в умовах ослаблення антропогенного впливу (Табл 3.12).

Таблиця 3.12 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту ферментів проб ґрунту антропогенно-трансформованої степової ділянки

Дегідрогеназа						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	11,670	11,600	0,025	0,035	0,014
	0-5 см	11,620	11,540	0,030	0,042	0,017
	5-10 см	11,580	11,500	0,028	0,040	0,016
	10-20 см	11,530	11,400	0,048	0,068	0,028
біля стежки	Підстилка	12,700	12,550	0,053	0,075	0,031
	0-5 см	12,650	12,510	0,050	0,070	0,029
	5-10 см	12,610	12,470	0,051	0,072	0,029
	10-20 см	12,560	12,390	0,060	0,085	0,035

Середнє квадратичне відхилення (δ) та його похибка (Mδ) для дегідрогенази в обох біотопах характеризуються зростанням у приповерхневих горизонтах і підвищенням у шарі 10–20 см, що відображає нерівномірність мікробіологічних процесів у ґрунті та їх чутливість до змін фізичних і трофічних умов.

Активність пероксидази також демонструє тенденцію до зниження максимальних і мінімальних значень (max і min) з глибиною ґрунтового профілю як на стежці, так і біля стежки. Похибка середнього значення ($M\bar{x}$) на стежці зростає в горизонті 0–5 см, зменшується в шарі 5–10 см і досягає найбільших значень у горизонті 10–20 см. Біля стежки $M\bar{x}$ зростає в поверхневих горизонтах, дещо зменшується в шарі 5–10 см та знову підвищується в нижньому горизонті (Табл.3.13).

Середнє квадратичне відхилення (δ) і похибка середнього квадратичного відхилення (Mδ) пероксидази в обох біотопах зростають у горизонті 0–5 см, зменшуються в шарі 5–10 см та досягають максимальних значень у горизонті 10–20 см, що вказує на посилення варіабельності окисних процесів у глибших шарах ґрунту.

Таблиця 3.13 – Статистичний аналіз даних значень (3 повторності) вмісту ферментів проб ґрунту антропогенно-трансформованої степової ділянки

Пероксидаза						
Біотоп	Горизонт	max	min	$Mx_{сер.}$	δ	Mδ
на стежці	Підстилка	7,960	7,830	0,046	0,065	0,027
	0-5 см	7,900	7,600	0,108	0,153	0,062
	5-10 см	7,830	7,540	0,105	0,148	0,061
	10-20 см	7,790	7,420	0,139	0,197	0,080
біля стежки	Підстилка	7,300	7,070	0,086	0,121	0,049
	0-5 см	7,250	7,000	0,102	0,144	0,059
	5-10 см	7,200	6,960	0,096	0,136	0,055
	10-20 см	7,190	6,780	0,149	0,211	0,086

Загалом дегідрогеназа та пероксидаза характеризуються високою чутливістю до вертикальної структури ґрунтового профілю та антропогенного навантаження. Найбільша мінливість їх активності спостерігається у приповерхневих і нижніх горизонтах, тоді як у середніх шарах ґрунту показники є відносно стабільнішими.

В таблиці 3.14 наведені дані кореляції та помилки кореляції всіх ферментів даного біотопу. Залежність вище середньої зустрічається 8 випадків, висока залежність 7 випадків, 4 випадки зустрічається залежність нижче середньої,

повна та низька залежність по два рази, 1випадок зустрічається відсутня залежність та не зустрічається середня залежність.

Таблиця 3.14 – Залежність змін вмісту ферментів ґрунтових проб від механічного впливу (витоптування) копитних на антропогенно-трансформованій степовій ділянці (коефіцієнт кореляції)

Горизонт / Ферменти	Підстилка	0-5 см	5-10 см	10-20 см
Каталаза	0,978	0,999	0,711	0,538
Інвертаза	-0,405	-0,800	-0,601	-0,476
Уреаза	0,914	0,585	0,919	1,000
Фосфатаза	-0,569	-1,000	-0,366	0,000
Дегідрогеназа	-0,537	-0,240	-0,277	-0,187
Пероксидаза	0,714	0,756	0,714	0,837

Найбільш тісні позитивні кореляційні зв’язки встановлено для каталази, уреази та пероксидази. Особливо високі значення характерні для каталази в підстилці та шарі 0–5 см (r = 0,978 і r = 0,999), а також для уреази в горизонті 10–20 см, де зафіксовано повну пряму залежність (r = 1,000). Для пероксидази в усіх горизонтах також простежується стійка позитивна кореляція. Натомість для інвертази, фосфатази та дегідрогенази переважають від’ємні зв’язки, що свідчить про зниження їх активності під впливом витоптування. Найбільш виражена обернена залежність встановлена для фосфатази в шарі 0–5 см (r = -1,000) та інвертази в тому ж горизонті (r = -0,800). Отже, механічний вплив копитних найбільш суттєво пов’язаний зі змінами активності каталази, уреази та пероксидази, тоді як інші ферменти реагують менш однозначно.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Під час виконання дослідження польові роботи проводилися в різні пори року, зокрема у теплий та зимовий періоди. У зв'язку з цим особлива увага приділялася дотриманню вимог техніки безпеки та правил поведінки під час роботи в природних умовах і за наявності диких тварин. Це було необхідною умовою для мінімізації ризиків негативного впливу чинників навколишнього середовища та забезпечення збереження здоров'я дослідника.

Дотримання техніки безпеки включало використання відповідного сезонного одягу й взуття, контроль фізичного стану, застосування засобів індивідуального захисту та польового спорядження. Під час роботи з дикими тваринами забезпечувалося дотримання безпечної дистанції, уникнення прямого контакту та обережність у несприятливих погодних умовах. Маршрути пересування планувалися з урахуванням рельєфу місцевості, потенційно небезпечних ділянок і можливості оперативної евакуації. Дотримання зазначених вимог дозволяло проводити польові спостереження та облік тварин без ризику для здоров'я [38, 40, 51].

4.1 Техніка безпеки в польових умовах

Польові дослідження є обов'язковою складовою наукової діяльності біологів та екологів і передбачають тривале перебування в природному середовищі під впливом комплексу абіотичних і біотичних чинників. До основних факторів ризику належать кліматичні умови, особливості рельєфу, стан рослинного покриву, наявність водойм та контакт із дикими тваринами.

Недотримання правил безпеки під час польових робіт може призвести до травмування, погіршення стану здоров’я або втрати дослідницьких матеріалів.

Перед виходом у поле здійснювалося попереднє планування маршрутів із урахуванням характеру місцевості та потенційних небезпек. Для орієнтування використовувалися топографічні карти, GPS-пристрої або компас, а також визначалися контрольні точки й небезпечні ділянки. Обов’язковим етапом підготовки була оцінка прогнозу погоди та обмеження проведення робіт у періоди гроз, сильних опадів, буревіїв або значного снігопаду [38, 40, 41].

Одяг і взуття підбиралися відповідно до сезонних умов: у теплу пору року – для захисту від перегрівання та сонячного випромінювання, у холодну – для запобігання переохолодженню та дії вітру. Взуття мало бути міцним, водонепроникним і з протиковзною підошвою. Для підвищення безпеки на відкритій місцевості використовувався одяг зі світловідбивними елементами.

Польове спорядження включало засоби першої допомоги, запас води та харчування, інструменти для збору матеріалу, засоби зв’язку та індивідуального захисту. Під час досліджень у місцях перебування диких тварин дотримувалися принципу мінімального втручання: уникали прямого контакту, не наближалися до тварин, особливо до молодняка, та не провокували їхню агресивну поведінку. Спостереження здійснювалися з використанням біноклів, фотопасток або дистанційних методів, що забезпечувало безпеку дослідника та збереження природної поведінки тварин [38, 40, 41, 51].

Польові дослідження доцільно проводити у складі групи, що підвищує рівень безпеки та забезпечує можливість оперативної допомоги у разі виникнення небезпечних ситуацій. Усі учасники повинні бути поінформовані про маршрут пересування, правила поведінки в польових умовах і сигнали оповіщення у надзвичайних випадках. Про будь-які зміни маршруту або потенційні ризики необхідно своєчасно повідомляти керівника робіт.

Під час пересування поблизу лиманів, річок, озер та інших водойм слід дотримуватися підвищених заходів безпеки. Рекомендується попередньо оцінювати глибину, стан дна та берегової лінії, уникати слизьких і нестійких ділянок, а за потреби використовувати рятувальні жилети. Переправи через водойми допускаються лише після ретельної оцінки ризиків [38, 40, 51].

За умов високих температур необхідно обмежувати тривале перебування під прямими сонячними променями, регулярно поповнювати водний баланс і використовувати головні убори. У холодний період слід застосовувати утеплений одяг, захищати відкриті ділянки тіла від переохолодження та обмороження, а при сильному вітрі – додатково захищати обличчя. У разі різкого погіршення погодних умов польові роботи рекомендується припинити або перенести.

У процесі польових досліджень можливі травми, укуси комах або змій, контакт із дикими тваринами та інші небезпечні ситуації. Для мінімізації ризиків необхідно мати аптечку першої допомоги, володіти базовими навичками її надання, користуватися засобами зв’язку та знати місце розташування найближчих медичних закладів. У разі потреби слід забезпечити швидку евакуацію в безпечне місце [38, 40, 52].

Ефективність і безпека польових робіт значною мірою залежать від фізичної витривалості та психологічної готовності дослідника. Важливо дотримуватися режиму праці та відпочинку, забезпечувати регулярне харчування й відновлення водного балансу, зберігати уважність і уникати дій, що можуть призвести до травмування або втрати обладнання [38, 40, 41].

4.2 Правила надання першої допомоги

Під час проведення польових досліджень важливим є володіння навичками надання першої медичної допомоги у разі виникнення нещасних випадків. Однією з основних загроз у степових умовах є вплив високих температур на організм людини. Тривале перебування під прямими сонячними променями без захисту голови може призвести до розвитку теплового удару, який проявляється почервонінням шкіри обличчя та шиї, сильним головним болем, психомоторним збудженням, а в тяжких випадках – судомами. У разі виникнення цього стану потерпілого необхідно негайно перемістити в затінене або прохолодне місце, забезпечити охолодження голови за допомогою змоченої холодною водою тканини та дати прохолодні напої.

Тривалий вплив сонячного випромінювання на відкриті ділянки тіла може спричинити сонячні опіки, що характеризуються почервонінням і набряком шкіри. У таких випадках уражені ділянки обережно обробляють антисептичними засобами, зокрема спиртовими розчинами [45, 52].

Польові дослідження часто проводяться також у зимовий період, коли основну небезпеку становлять переохолодження організму та обмороження різного ступеня. За умов легкого загального переохолодження достатньо зігріти потерпілого, забезпечити тепле пиття та прийом гарячої їжі. У разі обмороження першочерговим завданням є поступове відновлення температури уражених ділянок до рівня, за якого нормалізується кровообіг. Забороняється розтирання обморожених тканин. У приміщенні кінцівки доцільно занурювати у воду кімнатної температури з поступовим підвищенням її температури до приблизно 37 °C. Одночасно рекомендується давати теплі напої та виконувати обережний масаж для стимуляції кровообігу.

Після появи ознак відновлення кровопостачання (почервоніння, підвищення температури шкіри) подальше зігрівання припиняють. Уражену ділянку обробляють антисептиком і накладають суху стерильну теплу пов’язку. У випадках утворення міхурів, що свідчить про глибоке ушкодження тканин, потерпілого необхідно негайно доставити до медичного закладу після первинної обробки ураженої ділянки та накладання пов’язки [45, 52].

Під час тривалих переходів у польових умовах поширеними є механічні ушкодження, зокрема розтягнення зв’язок, вивихи та утворення мозолів. Розтягнення супроводжується болем, набряком і можливими підшкірними крововиливами. У таких випадках ураженій ділянці забезпечують спокій і застосовують холодний компрес для зменшення больових відчуттів та набряку.

Мозолі на стопах найчастіше виникають унаслідок використання невідповідного взуття або тривалого перебування у вологому середовищі. У разі утворення водяного міхура його допускається обережно обробити стерильним інструментом із подальшим застосуванням антисептичних або ранозагоювальних засобів. За наявності кровоточивих мозолів уражену ділянку дезінфікують, наносять антисептик і накладають стерильну пов’язку.

Вивихи характеризуються різким больовим синдромом, набряком, локальним крововиливом і порушенням функції суглоба. Перша допомога полягає в іммобілізації ушкодженої кінцівки, накладанні еластичної пов’язки та забезпеченні повного спокою. Самостійне вправлення вивихів без відповідної медичної підготовки не рекомендується; потерпілого слід якнайшвидше доставити до медичного закладу [45, 52].

Під час роботи у степовій зоні існує підвищений ризик ураження кліщами, а також контактів з отруйними павукоподібними та зміями. Для профілактики укусів кліщів необхідно використовувати закритий одяг, що мінімізує відкриті ділянки шкіри, та проводити обов’язковий огляд тіла після перебування у трав’янистій рослинності. У разі виявлення кліща його видаляють із

дотриманням санітарно-гігієнічних вимог, після чого місце укусу обробляють антисептичними засобами.

З метою захисту від укусів отруйних змій і павуків під час польових досліджень рекомендується використовувати щільне закрите взуття з високими халявами та одяг, що повністю закриває нижні кінцівки. У разі укусу необхідно забезпечити потерпілому спокій, іммобілізувати уражену кінцівку, розмістити його у горизонтальному положенні та організувати транспортування до медичного закладу [45, 48, 52].

Під час роботи з об’єктами дикої природи, зокрема з копитними тваринами, дослідник повинен враховувати особливості їхньої поведінки та сезонну активність. Спостереження за копитними, особливо в період гону, слід проводити з дотриманням правил безпеки: пересуватися повільно, уникати різких рухів і шуму, обмежувати голосове спілкування. Паління під час польових спостережень заборонене, оскільки запах тютюну може спричинити тривожну або агресивну реакцію тварин.

Одяг дослідника повинен мати нейтральні, темні кольори та максимально відповідати відтінкам навколишнього середовища. Використання яскравих елементів, зокрема стрічок або контрастних плям, не допускається, оскільки вони можуть сприйматися дикими тваринами як подразник або потенційна загроза. Під час спостережень необхідно суворо дотримуватися безпечної дистанції від тварин. Навіть за умови зниження їх настороженості або наближення до людини, слід уникати скорочення дистанції та не порушувати просторову зону тварин [38, 40, 41].

4.3 Техніка безпеки при роботі за комп’ютером

Робота за комп’ютером є обов’язковою складовою сучасної наукової, навчальної та практичної діяльності, однак вона супроводжується низкою потенційних ризиків для здоров’я людини. З метою мінімізації негативного впливу комп’ютерної техніки на організм необхідно дотримуватися комплексу правил безпеки, що охоплюють раціональну організацію робочого місця, правильну експлуатацію обладнання та профілактичні заходи щодо збереження зору, опорно-рухового апарату і нервової системи.

Робоче місце користувача повинно бути організоване з урахуванням ергономічних вимог. Монітор комп’ютера розміщують на відстані 50–70 см від очей, при цьому верхній край екрана має знаходитись на рівні очей або дещо нижче, що забезпечує фізіологічно правильне положення голови та зменшує навантаження на шийно-плечову зону. Крісло повинно мати регульовану висоту, спинку з підтримкою поперекового відділу, підлокітники та стійке сидіння. Нижні кінцівки мають вільно спиратися на підлогу або спеціальну підставку, а кут у колінних суглобах повинен бути близьким до прямого.

Робочий стіл організовують таким чином, щоб клавіатура і маніпулятор типу «миша» знаходилися на рівні ліктів, а передпліччя – у природному положенні без підвищеного напруження. Це сприяє зменшенню статичного навантаження на м’язи верхніх кінцівок і плечового поясу.

Освітлення робочого місця повинно бути достатнім, рівномірним і не створювати відблисків на екрані. Оптимальним є поєднання природного та штучного освітлення, при цьому джерела світла не повинні розташовуватися безпосередньо перед користувачем або позаду нього. Регулярне очищення поверхні монітора від пилу додатково знижує зорове навантаження [42, 43, 53, 54].

Під час роботи за комп’ютером необхідно дотримуватися правильної постави: спина має бути рівною, плечі – розслабленими, а руки зігнутими під кутом близько 90°. Для профілактики перевтоми рекомендовано робити короткі перерви кожні 40–50 хвилин, під час яких доцільно виконувати прості фізичні вправи, розминку кистей і пальців, а також гімнастику для очей.

Комп’ютерну техніку та периферійні пристрої слід підключати лише до справної електромережі з використанням сертифікованих розеток і подовжувачів. Забороняється торкатися електричних контактів вологими руками. Кабелі та дроти повинні бути впорядковані й захищені від механічних пошкоджень, що знижує ризик короткого замикання та перегріву обладнання.

Тривале перебування за комп’ютером може призводити до розвитку перевтоми, головного болю, зорового перенапруження, порушень постави та розладів кровообігу. З метою профілактики зазначених негативних наслідків необхідно обмежувати час безперервної роботи, дотримуватися оптимальних параметрів освітленості та контрастності екрана, а також використовувати ергономічно обґрунтовані пристрої, зокрема клавіатуру, маніпулятор типу «миша» та робоче крісло. Важливе значення має раціональне чергування періодів роботи та відпочинку, що сприяє зниженню функціонального навантаження на організм і збереженню працездатності [42, 43, 53, 54].

4.4 Техніка безпеки при пожежах

Пожежі належать до найбільш небезпечних надзвичайних ситуацій, які можуть виникати як у приміщеннях, так і на відкритих територіях. Їх виникнення становить загрозу життю та здоров’ю людей, а також може призводити до значних матеріальних втрат. Тому запобігання пожежам і дотримання правил

безпечної поведінки у разі загоряння є обов’язковою складовою системи охорони праці.

Для зменшення ризику виникнення пожеж необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки, зокрема не залишати без нагляду працюючі електроприлади та нагрівальні пристрої, використовувати справні електромережі й уникати їх перевантаження. Забороняється зберігати легкозаймисті та горючі матеріали поблизу джерел відкритого вогню або тепла. Під час користування відкритим вогнем, газовими приладами та пальниками слід суворо дотримуватися встановлених норм. Важливим є регулярний контроль стану первинних засобів пожежогасіння, пожежної сигналізації та евакуаційних виходів [39, 50, 51].

У разі виявлення пожежі необхідно негайно повідомити відповідні служби, попередити людей про небезпеку та за можливості розпочати гасіння загоряння первинними засобами пожежогасіння з урахуванням типу пожежі. Якщо вогонь швидко поширюється або існує загроза отруєння продуктами горіння, слід негайно залишити приміщення через евакуаційні виходи. Під час пересування у задимленому середовищі рекомендується захищати органи дихання вологою тканиною та рухатися якомога ближче до підлоги.

Вогнегасники є основним засобом первинного пожежогасіння. Їх використання повинно відповідати класу пожежі: порошкові застосовують для гасіння твердих речовин і електрообладнання, вуглекислотні – для електроприладів, водяні – для горючих матеріалів за відсутності електричної напруги. Під час гасіння вогню струмінь слід спрямовувати у нижню частину полум’я, поступово охоплюючи всю площу загоряння.

Під час евакуації необхідно зберігати спокій, не користуватися ліфтами, допомагати дітям, особам похилого віку та людям з обмеженими можливостями. Після виходу на безпечну відстань слід чекати прибуття пожежних підрозділів та надавати їм необхідну інформацію.

Після ліквідації пожежі забороняється повертатися у приміщення без дозволу відповідних служб. Необхідно переконатися у відсутності осередків тління та провести оцінку завданих збитків з подальшою організацією відновлювальних робіт [39, 50, 51].

ВИСНОВКИ

1. У ґрунтах кленово-в’язового лісу та антропогенно-трансформованої степової ділянки встановлено чітку вертикальну диференціацію ферментативної активності: активність каталази, інвертази, уреази, фосфатази, дегідрогенази та пероксидази послідовно знижується від підстилки до горизонту 10–20 см, що відображає ослаблення інтенсивності ґрунтових біохімічних процесів із глибиною.

2. Для кленово-в’язового лісу рекреаційного парку «Таврія» доведено, що зосередження рекреаційного навантаження на стежці призводить до пригнічення ферментативної активності у всіх досліджених горизонтах. У зоні біля стежки показники є суттєво вищими, причому найбільш контрастно це проявляється для інвертази (у підстилці активність біля стежки перевищує значення на стежці більш ніж у 6 разів), що свідчить про кращі умови для функціонування мікробіоти за меншого механічного порушення ґрунту.

3. На антропогенно-трансформованій степовій ділянці вплив витоптування має фермент-специфічний характер: у зоні біля стежки переважно підвищуються показники каталази, інвертази, фосфатази та дегідрогенази, тоді як уреазна активність є значно нижчою, що вказує на різноспрямовану реакцію процесів азотного обміну порівняно з трансформацією вуглецевих і фосфорних сполук.

4. Кореляційний аналіз підтвердив, що механічний вплив (витоптування копитних/рекреаційне навантаження) є суттєвим фактором змін ферментативної активності, однак напрям і сила зв’язку залежать від ферменту та горизонту. У кленово-в’язовому лісі найвиразніше проявляється сильна залежність для каталази (негативна) та пероксидази (позитивна), тоді як у степовому біотопі спостерігаються як дуже високі позитивні зв’язки (каталаза, уреаза), так і повні негативні (фосфатаза у 0–5 см) або відсутність зв’язку (фосфатаза у 10–20 см), що свідчить про відмінність механізмів реакції ґрунтових систем у різних умовах трансформації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пахомов О.Є., Булгаков В.В. Біоценотична роль ссавців у ґрунтоутворенні степових екосистем України. Екологія та ноосферологія, 2021. Т. 32, № 3. С. 45–56.

2. Lavelle P., Spain A.V. Soil Ecology. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2002. 654 p.

3. Wall D.H., Bardgett R.D. Soil biodiversity and ecosystem services. Nature Reviews Earth & Environment, 2020. Vol. 1. P. 544–556.

4. Nannipieri P., Kandeler E. Soil enzyme ecology. Biology and Fertility of Soils, 2020. Vol. 56. P. 1–13.

5. Кірієнко С.М., Дідур О.О. Вплив рийної активності дрібних ссавців на біологічну активність ґрунтів промислових територій. Вісник Дніпровського національного університету. Біологія. Екологія, 2019. № 27(2). С. 18–24.

6. Кірієнко С.М. Біологічна активність ґрунтів Криворізького залізорудного басейну. Екологія та ноосферологія, 2019. Т. 30, № 2. С. 55–62.

7. Гончар О.Ф. Біометрія. Київ : Либідь, 2016. 304 с.

8. Field A. Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics. London : Sage Publications, 2018. 816 p.

9. Didukh Y.P., Chorney I.I. Біотичні та абіотичні чинники ґрунтоутворення в степовій зоні України. Український ботанічний журнал, 2020. Т. 77, № 4. С. 312–325.

10. Pulleman M., Six J. Soil fauna and ecosystem productivity. Applied Soil Ecology, 2020. Vol. 147. Article 103399.

11. Булгаков В.В., Пахомов О.Є. Середовищетворна діяльність хребетних тварин у степових лісах України. Проблеми екології, 2018. № 23(1). С. 67–75.

12. Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., et al. Faunal activity and soil structure dynamics. European Journal of Soil Biology, 2021. Vol. 104. Article 103298.

13. Zhang B., Li Y., Xie Z. Effects of large herbivores on soil properties and nutrient cycling. Global Ecology and Conservation, 2019. Vol. 18. Article e00689.

14. Пахомов О.Є., Булгаков В.В. Біотичні чинники деградації ґрунтів у промислових регіонах Придніпров'я. Екологічні науки, 2022. № 3(42). С. 91–99.

15. Kulik A.F., Vasyluk O.M. Enzymatic activity of forest soils in the steppe zone. Ukrainian Journal of Ecology, 2019. Vol. 9, № 3. P. 112–118.

16. Кулик А.Ф., Василюк О.М., Рошка О.В. Активність інвертази та уреази у ґрунтах лісових біогеоценозів Присамар'я. Вісник Дніпропетровського національного університету. Біологія. Екологія, 2007. Вип. 18, Т. 2. С. 77–81.

17. Медведєв В.В., Лактіонов М.І., Пліско І.В. Ґрунтознавство з основами географії ґрунтів. Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2018. 384 с.

18. Горін М.О., Трускавецький Р.С. Хімія ґрунтів. Київ : Вища школа, 2016. 312 с.

19. Долгова Л.Г. Ферментативна активність та мікробіологічні процеси в едафотопах техногенних регіонів. Екологія та ноосферологія, 1999. Т. 8, № 4. С. 18–23.

20. Smith K.A., Ball T., Conen F. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere. European Journal of Soil Science, 2018. Vol. 69. P. 1–15.

21. Dick R.P. Soil Enzyme Activities: Methods and Applications. Boca Raton : CRC Press, 2018. 420 p.

22. Гродзинський Д.М. Фізіологія рослин. Київ : Наукова думка, 2018. 456 с.

23. Bardgett R.D. The biology of soil: a community and ecosystem approach. Oxford : Oxford University Press, 2005. 256 p.

24. Нікітіна О.О., Кірієнко С.М. Біологічна активність ґрунтів промислових регіонів України. Екологія та ноосферологія, 2019. Т. 30, № 2. С. 48–55.

25. Лихолат Ю.В., Хромих Н.О. Біохімія рослин. Дніпро : Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2020. 240 с.

26. Медведєв В.В. Методи агрохімічних досліджень ґрунтів. Харків : КП «Міськдрук», 2017. 276 с.

27. Кузьмінський Є.В., Дем'янюк О.С. Біологічна діагностика ґрунтів агроекосистем. Київ : Аграрна наука, 2019. 220 с.

28. Чорнобай Ю.М. Підстилка як функціональний компонент лісових екосистем України. Львів : Львівський національний університет, 2020. 214 с.

29. Пересипкіна Т.М., Дубова О.В. Лабораторний практикум з ґрунтознавства (для студентів біологічного факультету). Запоріжжя, 1998. 23 с.

30. Національний атлас України. Фізико-географічне районування. Київ : ДНВП «Картографія», 2020. 440 с.

31. Didukh Y.P. The Steppe Zone of Ukraine. Cham : Springer, 2021. 398 p.

32. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського. Київ : Наукова думка, 2021. 368 с.

33. Заставний Ф.Д. Фізична географія України. Львів : Світ, 2019. 312 с.

34. Стойко С.М., Голубець М.А. Природні умови та ландшафти Запорізької області. Львів : Поллі, 2019. 286 с.

35. Гродзинський М.Д. Основи ландшафтної екології. Київ : Либідь, 2018. 336 с.

36. Дидух Я.П. Основи біоіндикації. Київ : Наукова думка, 2019. 344 с.

37. Кагало О.О., Проць Б.Г. Біорізноманіття України: сучасний стан та проблеми збереження. Львів : Ліга-Прес, 2017. 280 с.

38. Васильчук М.В., Винокуров Л.Е., Тесленко М.Я. *Основи охорони праці*. Київ : Вища школа, 1997. 207 с.

39. Савчук О.М. *Конспект лекцій з дисципліни «Основи охорони праці»*. Запоріжжя : Просвіта, 2000. 124 с.

40. Сачков Л.С., Медвідь М.К. *Охорона праці*. Київ : Вища школа, 1995. 389 с.

41. Трахтенберг І.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. *Гігієна праці та виробнича санітарія*. Київ : Вища школа, 1997. 462 с.

42. Катренко Л.А., Піскун І.П. *Охорона праці в галузі освіти*. Суми : Університетська книга, 2001. 339 с.

43. ДСТУ 2293-93. *Охорона праці. Терміни та визначення основних понять*. Київ : Держстандарт України, 1993.

44. Александрова М.М. *Перша допомога при опіках*. Київ : Здоров'я, 1990. 150 с.

45. ДНАОП 2.1.20-1.20.03-75. *Правила охорони праці в лабораторіях*. Київ : Держнаглядохоронпраці України, 1999. 80 с.

46. *Про охорону праці* : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12 (дата звернення: 17.03.2026).

47. *Про затвердження порядків надання домедичної допомоги особам при невідкладних станах* : Наказ МОЗ України від 09.03.2022 № 441 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0356-22 (дата звернення: 17.03.2026).

48. *Кодекс цивільного захисту України* : Кодекс України від 02.10.2012 № 5403-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17 (дата звернення: 17.03.2026).

49. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення». Відомості Верховної Ради України, 1994. № 27. 218 с.

50. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : Наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15 (дата звернення: 17.03.2026).

51. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин : ДСанПіН 3.3.2.007-98 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/v0007282-98 (дата звернення: 17.03.2026).

52. Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями : Наказ Мінсоцполітики України від 14.02.2018 № 207 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0508-18 (дата звернення: 17.03.2026).

53. Правила пожежної безпеки в Україні : затв. наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15 (дата звернення: 17.03.2026).

54. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями : затв. наказом Мінсоцполітики України від 14.02.2018 № 207 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0508-18 (дата звернення: 17.03.2026).

ДОДАТОК А

Середні значення показників ($X_{сер.}$) вмісту ферментів ґрунту кленово-в'язового лісу

Біотоп	Горизонт, см	Каталаза, O_2 г см/1хв	Інвертаза, мг глюкози на 1г грунту	Уреаза, мг аміаку на 1г грунту за 24 години	Фосфатаза, P_2O_5 мг/10г грунту за 1 годину	Дегідрогеназа, мг формаза-ну на 10г грунту за 24 години	Пероксидаза, мг пурпур-галину за 24г/1г грунту
на стежці	Підстилка	7,793	9,220	0,967	0,837	7,087	1,900
	0-5 см	7,593	9,120	0,917	0,750	7,050	1,897
	5-10 см	7,497	8,910	0,880	0,703	6,987	1,800
	10-20 см	7,427	8,800	0,813	0,647	6,940	1,737
біля стежки	Підстилка	12,893	57,733	1,313	0,987	8,827	2,213
	0-5 см	12,850	57,547	1,290	0,933	8,803	2,163
	5-10 см	12,823	57,233	1,237	0,887	8,770	2,110
	10-20 см	12,787	56,567	1,143	0,820	8,737	2,053

ДОДАТОК Б

Середні значення показників ($X_{сер.}$) вмісту ферментів ґрунту антропогенно-трансформованої степової ділянки

Біотоп	Горизонт	Каталаза, O_2 г см/1хв	Інвертаза, мг глюкози на 1г грунту	Уреаза, мг аміаку на 1г грунту за 24 години	Фосфатаза, P_2O_5 мг/10г грунту за 1 годину	Дегідрогеназа, мг формаза-ну на 10г грунту за 24 години	Пероксидаза, мг пурпур-галину за 24г/1г грунту
на стежці	Підстилка	9,040	19,397	2,967	0,270	11,633	7,897
	0-5 см	8,887	19,320	2,927	0,260	11,587	7,767
	5-10 см	8,650	19,240	2,837	0,240	11,540	7,703
	10-20 см	8,590	19,170	2,800	0,200	11,477	7,767
біля стежки	Підстилка	11,297	21,237	0,803	0,933	12,623	7,163
	0-5 см	11,250	21,167	0,770	0,850	12,580	7,083
	5-10 см	11,213	21,090	0,690	0,797	12,530	7,043
	10-20 см	11,130	21,023	0,667	0,780	12,473	6,957