

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

зав. кафедри екології

к.с.-г.н. _____ В.В. Кацевич

« ____ » _____ 2024 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: «Біодіагностика екологічного стану ґрунтів ландшафтно-
рекреаційних зон м. Дніпро»

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи Е-1-20 спеціальності 101 «Екологія»
_____ Петренко О. Ю.

Керівник _____ к.с.-г.н. доцент Зленко І. Б.

Рецензент _____ д.б.н., ст.н.с. Міхеєв О. В.

Дніпро-2024

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.зав. кафедри екології

к.с.-г.н. _____ В.В. Кацевич

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

здобувачу вищої освіти

Петренко Олегу Юрійовичу

1. Тема проекту (роботи) «Біодіагностика екологічного стану ґрунтів ландшафтно-рекреаційних зон м. Дніпро» керівник роботи: доц. к. с-г. н. Зленко Ірина Борисівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від «25» квітня 2024 р. № 868.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): «___» _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Зразки ґрунту зібрані у міських екосистемах»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ; 1 Огляд літератури; 2 Матеріали та методи досліджень; 3 Результати досліджень; 4 Охорона праці; Висновок; Список використаних джерел

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

Рисунків – 8

Таблиць – 6

Використаної літератури – 51

Розділів – 4

Сторінок –72

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Зленко І. Б.		

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 20 ____ р.

Керівник проекту (роботи) Зленко Ірина Борисівна / _____
(ПІБ). / (підпис)

Завдання прийняв до виконання: Петренко Олег Юрійович _____
(ПІБ). / (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

- № пп	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	09.04.24-15.04.24	виконано
2	Матеріали та методи досліджень	09.10.23-13.11.23	виконано
3	Результати досліджень	15.01.24-30.03.24	виконано
4	Охорона праці	30.04.24-05.05.24	виконано
5	Висновок	06.05.24-06.05.24	виконано

Студент-дипломник _____ / Петренко Олег Юрійович
(підпис) / (ПІБ).

Керівник проекту (роботи) _____ / Зленко Ірина Борисівна
(підпис) / (ПІБ).

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з 72 сторінок та включає в себе 6 табл., 8 рис., 51 джерело.

Актуальність: Біодіагностика ґрунтів дозволяє виявляти негативні зміни в природному середовищі та розробляти ефективні заходи по його відновленню. Вибір ґрунтових мікроорганізмів як біоіндикаторів екологічного стану допомагає зосередитися на важливому компоненті ґрунтового комплексу мікроорганізмів, який має значний вплив на обмінні процеси та забезпечує стійкість екосистем до зовнішніх впливів.

Мета: Дослідити екологічний стан рекреаційних зон м. Дніпро

Предмет досліджень – угруповання ґрунтових мікроорганізмів.

Об'єкт досліджень: міські екосистеми рекреаційних зон м. Дніпро

Поставлені завдання: Провести аналіз проб ґрунту для виявлення різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів та виявити негативні впливи умов розташування на стан мікробних систем.

Методи досліджень: Метод посіву на тверді середовища, метод непрямого підрахунку.

Ключові слова: УРБОКОСИСТЕМИ, РЕКРЕАЦІЙНІ ЗОНИ, МІКРОБНІ УГРУПУВАННЯ, ҐРУНТИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	9
1.1. Роль ландшафтно-рекреаційних зон в урбоекосистемах	9
1.2 Мікробні спільноти в міських ґрунтах	13
1.3 Чутливість ґрунтового мікробіому до зовнішніх чинників	21
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ	29
2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень	29
2.2 Ґрунтові умови досліджуваних територій	31
2.3 Методи проведення досліджень	35
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
3.1 Чисельність та різноманітність мікроорганізмів у ґрунтах	38
3.2 Взаємозв'язок між фізико-хімічними параметрами ґрунту та чисельністю мікроорганізмів	42
3.3 Оцінка впливу антропогенних факторів на ґрунтові мікроорганізми	49
3.4 Потенційні економічні переваги проведення біодіагностики екологічного стану ґрунтів	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	57
4.1 Охорона праці при відборі зразків ґрунту для досліджень	57
4.2 Безпека при проведенні лабораторних робіт	58
4.3 Оцінка потенційних ризиків при проведенні досліджень	60
4.4 Організація безпечного робочого процесу під час проведення досліджень	62
ВИСНОВКИ	65

ВСТУП

Місто Дніпро, розташоване на берегах річки Дніпро, має різноманітний рослинний покрив. Він включає в себе як природний ландшафт, так і штучно створені зелені насадження. Це парки, сквери, сади та інші зелені зони, створені з метою прикрашання міста та створення комфортних умов для мешканців. У таких насадженнях можна зустріти різноманітні види дерев, кущів, квітів та газонів. Вони впливають на якість повітря, забезпечують затінок та прохолоду у літній період, а також створюють привабливі місця для відпочинку та розваг.

Рослинний покрив міста Дніпро є багатим та різноманітним. Він створює естетичну привабливість міста, забезпечує екологічну рівновагу та покращує якість життя мешканців.

При проведенні досліджень у природних об'єктах важливим аспектом є вибір об'єкта та місця для проведення досліджень. Один з таких об'єктів - парк ім. Т. Г. Шевченка та Тунельна балка, розташовані у місті Дніпро.

Парк ім. Т. Г. Шевченка є одним із найбільших та найстаріших парків міста Дніпро. Він розташований у центральній частині міста та займає площу близько 130 гектарів. Парк був заснований у 1875 році та має значний історичний та культурний значимість для міста. У парку ім. Т. Г. Шевченка знаходяться великі зелені насадження, але також є й відкриті газони, квіткові клумби та декоративні кущі. Він є популярним місцем відпочинку та прогулянок для мешканців та гостей міста.

Тунельна балка - це природний заповідник, розташований у центральній частині міста Дніпро. Ця вузька долина утворилася внаслідок дії

річки Дніпро та непосредственої дії людини. У 19-20 століттях тут видобувалася глина та пісок для будівництва, що призвело до утворення численних печер та тунелів. В 1980-х роках Тунельна балка була визнана природним заповідником та заборонено будь-яке будівництво чи втручання людини. Сьогодні це популярне місце для прогулянок та вивчення природи.

Парк ім. Т. Г. Шевченка має різноманітний рослинний покрив. У парку знаходяться великі дерева, такі як дуби, клени, граби, ясени та багато інших. Також тут можна зустріти численні чагарники, кущі та квіткові клумби. В парку ім. Т. Г. Шевченка також розташовані озера та ставки, де зростає водна рослинність, наприклад, латаття та очерет.

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Роль ландшафтно-рекреаційних зон в урбоекосистемах

Міські райони користуються широким попитом, оскільки вони забезпечують житло, інфраструктуру та економічні можливості, що допомагає зменшити демографічний натиск на інші території. Проте, їх розвиток призводить до серйозних екологічних проблем, таких як збільшення покриття непроникними матеріалами, високий рівень забруднення та втрата природних екосистем. Міські зелені території, як от парки, можуть сприяти еко системним послугам, таким як контроль місцевого клімату та покращення якості атмосфери. Різноманітні види рослинності в таких зонах, такі як газони, дерева та суміші рослин, виконують різні функції та надають різноманітні послуги, такі як збереження здоров'я та інші екосистемні функції, і мають різний вплив на біорізноманіття. Дослідження показало, що присутність кущів і дерев сприяє різноманітності безхребетних і птахів, оскільки вони забезпечують їм харчові ресурси, мікроекосистеми та місця для гніздування. На відміну від цього, системи газонів виявилися негативними для біорізноманіття через інтенсивне управління та догляд, у тому числі використання добрив, гербіцидів і пестицидів [1].

Міжнародні зусилля збереження природного середовища переважно фокусуються на великих, різноманітних екосистемах та видів, які знаходяться під загрозою. Однак дедалі більше доказів підтверджує, що зелені насадження у містах іграють важливу роль у покращенні якості життя. Вони не лише надають екологічні та рекреаційні користі, а й сприяють

соціальному та психологічному благополуччю, збагачуючи життя людей сенсами та емоціями. Основний акцент у стратегіях сталого розвитку та відновлення міст зазвичай покладається на штучно створені елементи міського середовища, залишаючи природні компоненти та зелені насадження в місті поза увагою. Міські парки та зелені зони стають все більш важливими для підвищення якості життя в умовах зростаючої урбанізації. Ще більше емпіричних даних підтверджують, що наявність природних елементів, таких як парки, ліси, та зелені насадження у міських областях, сприяє загальній якості життя. Крім важливих екологічних послуг, які включають очищення повітря та води, фільтрацію шуму та вітру, і стабілізацію мікроклімату, природні території також забезпечують соціальні та психологічні блага, які мають велике значення для життя в сучасних містах та для добробуту мешканців. Відпочинок у парку може знизити рівень стресу, підвищити концентрацію та створити відчуття спокою і гармонії. Люди, які часто відвідують місцеві парки, частіше повідомляють про своє добре здоров'я порівняно з тими, хто не робить цього. Дослідження Шредера показало, що природне оточення з рослинністю та водою викликає в спостерігачів відчуття розслабленості та зменшує рівень стресу порівняно з міськими ландшафтами без природних елементів. Ця здатність природи виступати як «природні транквілізатори» може бути особливо корисною у міських областях, де стрес є загальною частиною повсякденного життя.

Широко вважається, що розвиток більш стійких міст залежить не лише від поліпшення фізичних та біологічних аспектів міського життя, але й від удосконалення соціальних аспектів, таких як задоволення, досвід та сприйняття якості повсякденного середовища людьми. У цьому дослідженні звертається увага на зв'язок між міськими парками та стійкістю міста через вивчення цінності міської природи як постачальника соціальних послуг, необхідних для задоволення життєвих потреб людини, що, в свою чергу, є важливою складовою сталого розвитку [2].

Парки – це не лише зелені території для оздоблення міста. Навіть невелика кількість часу, проведена у громадському парку, може відчутно позитивно вплинути на ваше здоров'я.

Громадські парки можуть спонукати людей до контролю за певними аспектами свого фізичного здоров'я або відчуття загальної користі для здоров'я для сильніших і більш здорових спільнот. Крім того, парки та зони відпочинку можуть сприяти покращенню психічного здоров'я, дозволяючи оздоровчим вигодам розповсюджуватися на поліпшення фізичного здоров'я. Регулярні відвідування парків можуть допомогти зменшити відчуття депресії та тривоги, а заняття спортом у парках можуть знизити рівень стресу та кортизолу на 15%. Простий перегляд природних пейзажів може призвести до меншої кількості виявів страху та гніву, а більше сприяти значній увазі та спокою. Громади мають сприяти благополуччю своїх мешканців. Створення зон відпочинку – це спосіб задовольнити потреби як душі, так і тіла. Жителі можуть користуватися парком для прогулянок з тваринами, гри у баскетбол, катання на велосипедах або пікніків з друзями. Незалежно від того, як вони використовують простір, вони отримують користь для фізичного, психічного та соціального здоров'я.

У містах, забруднення повітря від автомобілів та промислових підприємств може досягати небезпечних рівнів для мешканців. Щоб боротися з цією проблемою, можна вирішити посадити дерева у зонах відпочинку. Дослідження показує, що навіть один гектар дерев може видалити з атмосфери до 40,7 тонн вуглекислого газу. Хоча ефективність може варіюватися в залежності від типу дерев та їх віку, громадські місця, такі як парки з деревами, можуть стати ключовим інструментом для впровадження екологічних рішень у містах та районах.

У зв'язку з популярністю інтернету стає все більш поширеним тенденція працювати з дому, не порушуючи звичного розпорядку дня. Громадські парки надають людям можливість зустрічатися з сусідами та проводити час у природі. Ці місця можуть стати майданчиком для зустрічей

дітей та дорослих, які зацікавлені в подібних забавах. Також, вони можуть служити місцем для проведення вечірок та зустрічей, надаючи зручне місце для великих групових подій.

У міських районах зелені насадження та інші місця для охолодження стають все важливішими з ростом температури. Міста мають унікальну проблему з підвищеними температурами через тепловий вплив будівель, доріг та автомобілів на навколишнє середовище. З урахуванням зміни клімату, що призводить до збільшення літніх температур, необхідність відпочинку від спеки стає ще більш актуальною. Парки зазвичай мають нижчу температуру порівняно з іншими частинами міста [3].

Ботанічний сад — це місце, призначене для вирощування, дослідження та збереження різних видів рослин, основною метою якого є підтримка наукових досліджень, освіти та збереження ботанічного різноманіття. У таких садах зазвичай представлені колекції рослин з усього світу, які ретельно класифіковані та організовані для полегшення їх вивчення та розуміння.

Головна мета ботанічного саду полягає у збиранні та збереженні різних видів рослин, як місцевих, так і екзотичних, з особливим акцентом на захист видів, яким загрожує зникнення. Охорона цих видів є пріоритетною, оскільки вони відіграють ключову роль у сприянні відновленню та створенню нових видів.

У ботанічному саду проводяться різні наукові дослідження, зокрема вивчення ботаніки, відомої як таксономія, а також дослідження адаптації екзотичних видів до нових умов поза межами їхнього природного середовища існування.

Отримані дані та дослідження нововідкритих видів демонструють важливі застосування в сільському господарстві, промисловості та медичних дослідженнях. Наразі деякі ботанічні сади спрямовують свої наукові зусилля на екологію, зокрема досліджуючи складні взаємозв'язки між рослинами та людиною. Важливо пам'ятати про освітню роль ботанічних садів. Ці заклади

мають цінні колекції рослин, які сприяють вивченню систематизації, що включає класифікацію та ідентифікацію рослин за певними критеріями. Освітні програми в ботанічних садах охоплюють різноманітність активностей, починаючи від демонстрації рослин, які процвітають у різних умовах, до надання корисних порад садівникам. Більшість ботанічних садів мають власні магазини, де відвідувачі можуть придбати квіти, трави та рослини для пересадки. Екологічний туризм, також відомий як зелений туризм, стає все більш привабливим для ботанічних садів, які акцентують на збереженні природи. Ці установи, які активно допомагають у захисті біорізноманіття та культурної спадщини, привертають значний інтерес зі сторони сфери екологічного туризму. Багато людей відвідують міста і відвідують їхні ботанічні сади [4].

1.2. Мікробні спільноти в міських ґрунтах

Останніми роками поширення міських територій стало основним явищем у всьому світі. Люди замінили природу штучними структурами, дорогами і тротуарами, що має негативний вплив на довкілля та екологічні функції ґрунту через використання непроникних покриттів. Міські зелені насадження набувають все більшого значення як важливі резервуари для біорізноманіття ґрунту. Вони також сприяють забезпеченню екосистемних послуг, таких як циркуляція поживних речовин у ґрунті, взаємодія між рослинами і ґрунтом, а також трансформація та розкладання забруднюючих речовин. Здорові екосистеми суттєво залежать від мікробних спільнот, а ґрунт є основним резервуаром мікробів у наземних екосистемах і, отже, важливим фактором для здоров'я людини. Мікроорганізми ґрунту, зокрема бактерії, беруть участь у біогеохімічних процесах та циркуляції поживних

речовин у ґрунті та відіграють ключову роль у збереженні здоров'я ґрунтових екосистем [5].

Ґрунт виконує широкий спектр функцій у екосистемі, включаючи вирощування їжі, регулювання клімату та водних ресурсів, забезпечення енергією та житлом для різноманітних видів життя. Основними характеристиками ґрунту, що відображають його стан, є: фізичні (щільність твердих частинок, структура ґрунту), хімічні (здатність до катіонного обміну, рН) та біологічні (ферменти ґрунту, дихання). Можна розрізнити властивості, які є властивими (глибина ґрунту), від тих, що можна контролювати (об'ємна щільність, вміст азоту), і також брати до уваги їхню кінетику розвитку, від статичних (структура ґрунту) до динамічних або швидкозмінних (температура ґрунту) [6].

Цей ключовий природний ресурс є домом для різноманітних мікроорганізмів, відомих як мікробіом ґрунту, які можна класифікувати у три групи: археї, бактерії та еукаріоти (гриби, водорості та нематоди). Різноманіття ґрунтового мікробіому змінюється в залежності від середовища та умов його існування. У ґрунті присутні різні групи мікробів, які виконують декілька важливих функцій, таких як обіг поживних речовин, очищення ґрунтових вод, підтримка його родючості, розкладання органічної речовини та утворення викопного палива. [7]

Урбанізація спричинює прямий і непрямий вплив людини на ґрунт, що призводить до серйозних змін у складі та функціонуванні мікроорганізмів ґрунту. Компактизація ґрунту, його забруднення або засолення призводять до зменшення кількості мікробної біомаси та порушують мікробну активність. Розвиток зеленої інфраструктури в містах, впровадження нових видів рослинності та методів догляду створюють благоприятні умови для мікробіома ґрунту. Мікробні показники є важливим інструментом для спостереження та оцінки стану міських ґрунтів, оскільки вони відображають складні процеси, що відбуваються у міському середовищі. Ґрунтовий мікробіом реагує на антропогенний вплив, і його динаміка широко

використовується для відслідковування змін у міських екосистемах, спричинених людською діяльністю [8].

Мікробіом ґрунту, що складається з різноманітних мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби, найпростіші та археї, встановлює важливі та складні симбіотичні зв'язки з рослинами, регулюючи їхнє забезпечення поживними речовинами, ріст, розвиток та стійкість до стресів навколишнього середовища. Ці мікроорганізми активно беруть участь у процесах, таких як переробка поживних речовин, боротьба з хворобами та співпраця з кореневими системами рослин, що сприяє загальному здоров'ю та продуктивності врожаю[9].

Мікробіоми міського ґрунту відіграють важливу роль у широкому спектрі функцій екосистем, таких як циклічний обіг елементів, розклад органічної речовини та зростання рослинності. Крім того, мікробіоми міського ґрунту пов'язані з усіма складовими «міського здоров'я», включаючи здоров'я людей, рослин і екосистеми. На практиці, мікроби ґрунту чутливі до впливу антропогенних факторів, які можуть призвести до зниження екологічних користей, таких як зміни вуглецевих процесів та збільшення кількості патогенів [10].

Відповідно до зменшення опадів, мікробна біомаса ґрунту та склад спільноти реагують по-різному. Наприклад, зменшення опадів може призвести до зміни мікробної біомаси ґрунту через прямий (наприклад, зменшення води у ґрунті) та непрямий вплив (наприклад, зміна чистої первинної продуктивності рослин). Недостатність води у ґрунті, що виникає внаслідок значного зменшення опадів, обмежує рух розчинених речовин і обмежує доступ субстрату до розкладачів. Отже, зменшення кількості опадів може прямо впливати на зниження зростання мікроорганізмів. Крім того, скорочення наземної чистої первинної продукції внаслідок меншої кількості опадів може спричинити зменшення мікробної біомаси через зменшення кількості вуглецю та азоту з рештків органічних речовин. На відміну від цього, деякі типи мікроорганізмів, такі як грампозитивні бактерії,

актиноміцети та арбускулярні мікоризні гриби, виявляють стійкість до водного стресу, оскільки вони мають здатність проникати в ґрунт у пошуках вологи та отримувати доступні поживні речовини завдяки своїм міцним клітинним стінкам. Отже, це викликає припущення, що зменшення опадів може впливати протилежно на мікробну біомасу ґрунту та структуру громад [11].

Ґрунтове середовище є основою існування для багатьох видів наземного життя. Серед них особливе місце займають вільноживучі нематоди, які є одними з найбільш поширених та різноманітних безхребетних у ґрунті. Ці організми мають різноманітне харчування та займають різні рівні у харчових ланцюгах ґрунтової екосистеми, виконуючи різноманітні функції, такі як розклад органічних речовин та регуляція популяцій ґрунтових мікроорганізмів. Нематоди також використовуються як біоіндикатори, оскільки вони дуже чутливі до змін у фізико-хімічних параметрах ґрунту. Зміни у використанні землі, особливо в міських районах, є ключовим фактором втрати біорізноманіття ґрунту. Модифікації у ґрунтових умовах, викликані цими змінами у землекористуванні, призводять до циклування мікробного вуглецю, що, ймовірно, також має вплив на спільноти ґрунтових нематод у міських районах, враховуючи, що нематоди харчуються мікроорганізмами ґрунту [12].

Вплив людської діяльності на біорізноманіття земель міста та околиць є значним, особливо в контексті змін у навколишньому середовищі. Більшість досліджень зосереджені на вивченні біорізноманіття надземних екосистем, але існує мало даних про те, чи відбуваються аналогічні зміни у біорізноманітті у ґрунті. Дослідження показують, що ґрунтові біоти були суттєво змінені внаслідок людської діяльності, такої як збільшення забудови, інтенсифікація сільськогосподарського використання землі та поширення неендогенних видів. Крім того, зміни в абіотичних умовах, викликані зміною клімату, також впливають на ґрунтове біорізноманіття. Ці зміни можуть змінити функції екосистем, які виконує ґрунтова біота, і, отже, глобальні

зміни, спричинені людиною, впливають на екосистемні послуги через зміну біорізноманіття ґрунту. Біорізноманіття ґрунту формується за рахунок фізичних та хімічних властивостей ґрунту, а також взаємодії з іншими типами ґрунтів та рослинами. Властивості, такі як тип ґрунту, рівень рН, вміст вуглецю та поживних речовин, а також вологість, головним чином визначають структуру біорізноманіття ґрунту на місцевому, регіональному та глобальному рівнях. Однак рослини також вносять свій внесок у формування біорізноманіття ґрунту, часто в залежності від їх виду, поживних потреб, погодних умов, пори року. Поміж ґрунтовими організмами відбуваються різноманітні типи взаємодій, такі як трофічні, конкурентні та стимулюючі, які також впливають на загальну структуру ґрунтового біорізноманіття.

Глибокі зв'язки ґрунтової біоти з навколишнім абіотичним і біотичним середовищем призводить до високої вразливості цієї біоти до антропогенних втручань. Ці зміни пов'язані зі стрімким зростанням чисельності людей та збільшенням площі земельних угідь для будівництва міст і розвитку іншої інфраструктури. Використання важкої техніки, збільшення використання хімічних добавок та пестицидів призводять до змін у навколишньому середовищі, що миттєво впливає на структуру ґрунту та його фізико-хімічні властивості. Ці зміни, разом зі змінами у рослинному біорізноманітті, впливають на біорізноманіття ґрунту та призводять до його зменшення. В результаті мікробні спільноти стають переважно бактеріальними, водночас дощові черв'яки гинуть, а мікоризні гриби піддаються деградації через обробіток ґрунту. Інші людські впливи на різноманіття ґрунту пов'язані з непередбаченими змінами в навколишньому середовищі внаслідок глобальних змін клімату. Фактори зміни клімату, що впливають на біорізноманіття ґрунту, включають зростання екстремальних явищ (посуха , сильні опади), а також більш стійкі зміни (підвищення рівня CO₂, температури). Тривалі періоди посухи негативно впливають на більшість груп ґрунтового життя, зменшуючи чисельність і різноманітність протистів і більших ґрунтових тварин. Сильні дощі стають все більш поширеними. Хоча

ці події можуть сприяти більшості та різноманітності ґрунтової біоти через підвищення вологості, вони також спричиняють болотистість і посилену ерозію ґрунту, що призводить до зменшення різноманітності ґрунту.

Підвищення рівня CO₂ в атмосфері може збільшити мікробну біомасу за рахунок збільшення виробництва рослин, але може зменшити складність харчових мереж, включаючи зменшення чисельності більших, всеїдних і хижих нематод. Потепління впливає на різноманіття життя в ґрунті, наприклад, заохочує розвиток грибів над бактеріями, що може змінити харчовий ланцюг. Кислотні дощі, викликані викидами діоксиду сірки та оксиду азоту, також зменшують біорізноманіття ґрунту, змінюючи рослинний покрив і хімічний склад. Інтродукція екзотичних видів рослин, тварин і мікроорганізмів також впливає на склад і функціонування ґрунтової біоти через діяльність людини. Деякі антропогенні зміни, що впливають на різноманіття життя в ґрунті, можна легко уникнути і відновити його різноманіття. Наприклад, коли ґрунт стискається під тротуаром, відкриття його поверхні та додавання органічних речовин є явним початком. У багатьох міських районах можна (принаймні частково) замінити бруківку, таку як каміння, бетон або асфальт, рослинами. Це позитивно позначиться на прониканні води після сильних дощів, зменшить пил та створить сприятливіше середовище. Також, можна створити зелені дахи і розширити природний характер садів, наприклад, змінивши одноманітні декоративні рослини на різноманітні квіткові композиції. Відомо, що різноманітність рослин сприяє різноманітності життя в ґрунті та покращує його функціонування. Збільшення різноманітності життя в ґрунті знижує потребу у зовнішніх ресурсах, таких як добрива та пестициди. Можливість зменшення витрат на ці засоби досягається через впровадження більш сталого управління ґрунтом, оскільки різноманітна ґрунтова біота може виступати як природне добриво, що підвищує обіг поживних речовин, і як біологічний контроль, який пригнічує розвиток патогенів. Це також сприяє зменшенню забруднення довкілля. [13].

Завдяки різноманіттю кількох тисяч видів на грам, ґрунтові бактерії виконують ключову роль у багатьох процесах в ґрунті, таких як розкладання органічних речовин, обіг поживних речовин, контроль над патогенами та формування структури ґрунту. Навіть в деградованих міських ґрунтах зберігається багато важливих функцій. Антрозолі, як міські ґрунти, чітко формуються внаслідок швидких процесів урбанізації, з людською діяльністю у центрі уваги їх становлення та розвитку. Як результат, міські ґрунти формуються оперативніше, ніж сільські. Поспішний процес утворення міського ґрунту суттєво впливає на кількість, різноманіття та активність мікробних спільнот міського ґрунту. Більше того, у міських районах часто спостерігаються сильно фрагментовані ґрунти, що створює різноманітні умови для розвитку ґрунтової мікробіоти. Однак мікробіота антрозолів також піддається високому рівню забруднення від викидів транспорту, побутових відходів і промислових викидів, а також стикається з ущільненням внаслідок інтенсивного пішохідного та автомобільного руху, а також впливом міського теплового острова. Загалом, ці аспекти вказують на те, що антрозолі створюють особливі умови для життя ґрунтової мікробіоти і проявляють унікальну мікробну екологію. Попри важкі умови, у міських ґрунтах існує багато різноманітних мікробних спільнот, які можуть сприяти наданню різноманітних екосистемних послуг у міських зонах [14].

Зміна землекористування є суттєвим екологічним перетворенням, здатним впливати на різні аспекти ґрунтового середовища, включаючи екологічні фактори, умови живлення та біологічні взаємодії. Відповідно, такі зміни можуть позначитися на мікробних спільнотах. З огляду на нинішнє збільшення глобальної деградації земель і процесів опустелювання, надзвичайно важливо зрозуміти, як ці фактори впливають на ґрунтові мікробні спільноти. Це розуміння є ключовим для ефективного пом'якшення таких процесів. Оскільки для утворення лише 2-3 см ґрунту може знадобитися до 1000 років, і беручи до уваги обмеженість ґрунтових

ресурсів, деградація землі створює серйозні обмеження, а відновлення ґрунтів після деградації вимагає значного часу.

Зміни у землекористуванні спричинили одночасні зміни в кругообігу основних елементів у ґрунті, таких як вуглець, азот і фосфор. Ці зміни також вплинули на мікроорганізми, які населяють ґрунт, і змінили різні характеристики ґрунтових мікробів, включаючи склад грибкових і бактеріальних спільнот, а також базальне мікробне дихання. Хоча мікроорганізми зазнали негативного впливу від деградації земель, вони також відіграють ключову роль у зменшенні наслідків і відновленні деградованих територій.

Мікроби є основними індикаторами змін у землекористуванні та сприяють покращенню якості ґрунту. Ґрунтові мікроорганізми, які складають значну частку ґрунтових екосистем, виконують важливі завдання у процесах обміну речовин, забезпечують здоров'я ґрунту та підвищують продуктивність екосистем. Їхній внесок полягає в утворенні та підтримці структури ґрунтових агрегатів завдяки їхній біомасі та виробленому ексудату. Малі бактеріальні колонії і тонкі біоплівки, що складаються з бактерій, переважно зв'язуються з підкладкою за допомогою випусків позаклітинних речовин, головним чином полісахаридів. Мікроорганізми також грають ключову роль у відновленні деградованих земель, сприяючи основним процесам екосистеми. За допомогою процесів, таких як біоремедіація, організми розкладають забруднювачі, очищаючи довкілля та зменшуючи рівень забруднення.

Мікроорганізми сприяють циклуванню поживних речовин, підвищуючи плодючість ґрунту та підтримуючи зростання рослин. Вони утворюють симбіотичні зв'язки з рослинами, полегшуючи поглинання поживних речовин і поліпшуючи структуру ґрунту, що сприяє боротьбі з ерозією. Крім того, мікроорганізми сприяють відновленню біорізноманіття та стійкості екосистем, сприяючи відновленню різноманітних рослинних і тваринних спільнот. Загалом, різноманітний внесок мікроорганізмів,

починаючи від розкладання забруднювачів до циклування поживних речовин, робить їх невід'ємною складовою успішного оновлення виснажених земель та відновлення їхньої екологічної рівноваги [15].

1.3 Чутливість ґрунтового мікробіому до зовнішніх чинників

Ґрунти в міських районах піддаються впливу хімічного забруднення, що вважається загрозою на глобальному рівні. Ця проблема стосується всіх середовищ і особливо гостро відчувається у міських зонах через наявність численних джерел забруднення. Наприклад, дощова вода може розчиняти та транспортувати забруднюючі речовини з атмосферного повітря, включаючи леткі органічні сполуки, і осідати їх на поверхні ґрунту. Більш того, рух на дорогах викликає забруднення ґрунту у містах через збір дорожнього пилу, його подальше розповсюдження у повітрі, а також викид летких та твердих частинок від автомобілів. Це спричиняє не лише осідання забруднень на землю, але й формування вторинного аерозолі.

Отже, міські ґрунти представляють собою особливі й складні структури, які піддаються впливу різних стресових факторів, що можуть суттєво впливати на їх якість. Міський ґрунт може виступати як поглинач ,леткі органічні сполуки так і джерелом їх. Леткі органічні сполуки у ґрунті поділяють на дві категорії: ті, що мають антропогенне походження, і ті, що утворюються внаслідок діяльності організмів, що мешкають у ґрунті, таких як біогенні леткі органічні сполуки, які виникають внаслідок людської діяльності, такої як спалювання. Ці сполуки включають також токсичні речовини, як, наприклад, бензол, толуол, ксилол та пов'язані з ними хімічні речовини, а також поліароматичні вуглеводні, а також аліфатичні та ароматичні вуглеводні, спирти, алкени, складні ефіри, похідні гліколю, альдегіди, кетони, алкіни та галогеновані вуглеводні. Мікроорганізми ґрунту

можуть розкласти певні зазначені токсичні речовини, що може потенційно підвищити стійкість рослин до забруднювачів через їх активну участь. Проте, навіть при зростаючому визнанні важливості міських ґрунтів у міських екосистемах, є недолік у нашому розумінні складних взаємодій між мікробними спільнотами ґрунту та процесами синтезу та розкладання легкої органічної сполуки у міському середовищі.

Дослідження зв'язку між мікробними спільнотами міського ґрунту та легкої органічної сполуки вважається ключовим для вирішення цієї конкретної проблеми. Ця тема важлива з кількох причин. Вона включає оцінку якості ґрунту, розвиток міст та якості повітря в них. Органічні речовини, які утворюються або розкладаються мікробами у ґрунті, можуть допомогти зрозуміти якість ґрунту та активність мікробних спільнот. Розуміння зв'язку між цими речовинами та мікробними спільнотами дозволяє краще оцінити загальний стан ґрунту, що є ключовим для захисту та покращення наданих екосистемних послуг [16].

Протягом століть людська діяльність, така як видобуток корисних копалин та виробництво, призвела до значного забруднення металами у міських районах. Основний приріст вмісту металів відбувся після їх використання в різних промислових секторах, таких як виготовлення труб, сталі, скла, фарб, батарей, а також виробництво боєприпасів. Це накопичення металевих забруднень може змінити фізичні, хімічні та біологічні властивості міських ґрунтів. Забруднені промислові міські ґрунти є значущим екологічним фактором через можливий негативний вплив на здоров'я людини та екосистеми. Дослідження характеристик, поведінки та долі забруднень, а також типових мікробних спільнот у цих ґрунтах може сприяти виявленню потенційних джерел забруднення, оцінці ступеня забруднення та розробці відповідних стратегій відновлення.

Поведінка і токсичність металів у ґрунті залежать від різноманітних факторів, таких як вміст неорганічних іонів, хімічні форми металів, їх розчинність, фракції ґрунту, рН, температура, склад органічних речовин та

інше. Постійний вплив збільшених рівнів металів у ґрунті також може змінювати структуру мікробного співтовариства, оскільки ці речовини можуть бути токсичними для мікроорганізмів. Навіть при низьких концентраціях металів, може відбуватися їхнє накопичення у мікроорганізмах, що може призводити до пошкодження структури клітин, порушення метаболізму, денатурації білків, ДНК та інших молекул. Зміни у структурі мікробного співтовариства залежать не лише від рівнів металів, але і від інших факторів: фізико-хімічних властивостей ґрунту, таких як вміст органічних речовин, рН та структура. Для повнішого розуміння впливу на екосистему, важливо вивчити, як зміни у складі та різноманітності мікробного співтовариства ґрунту впливають на його екологію. Ґрунти, що постійно забруднені металами, сприяють розвитку механізмів, що допомагають мікробним спільнотам адаптуватися та боротися з цим забрудненням. Мікроорганізми можуть нейтралізувати або перетворювати забруднення в менш шкідливу форму шляхом процесів, таких як адсорбція, осадження або трансформація [17].

Забруднення ґрунтів радіоактивними речовинами є серйозною проблемою для екології, яка має глобальний характер. Радіоактивні елементи, такі як радіонукліди, можуть потрапляти до природного середовища як природним шляхом, так і через людську діяльність, таку як енергетика атомної енергії, промислові процеси, видобуток корисних копалин та аварії на ядерних об'єктах. Ці радіоактивні матеріали можуть залишатися у ґрунті протягом значного часу і представляти потенційну загрозу для здоров'я людей та навколишнього середовища. Різноманітні джерела можуть викликати виникнення радіонуклідів. Природні радіонукліди, такі як ^{226}Ra , ^{232}Th і ^{40}K , знаходяться у ґрунті завдяки радіоактивному розпаду елементів, що містяться у земній корі. Ці радіонукліди можуть бути перенесені та розповсюджені через природні процеси, наприклад, вивітрювання та ерозію. Більше того, діяльність людини призводить до викиду радіонуклідів у природне середовище. Атомні

електростанції та установки, що беруть участь у ядерному паливному циклі, видають радіонукліди, такі як ^{137}Cs , а також різні ізотопи урану (наприклад, ^{238}U) і торію (наприклад, ^{232}Th), як під час нормальної експлуатації, так і внаслідок аварійних ситуацій. Гірничодобувна діяльність, зокрема, видобуток урану та рідкоземельних металів, також може викликати розповсюдження радіонуклідів у ґрунті. Крім того, історичні ядерні випробування в атмосфері призвели до значного зменшення глобального радіонуклідного забруднення [18].

Розширення міст та розвиток інфраструктури призводять до пошкодження або знищення плодородних ґрунтів. Це може включати їх ущільнення або змішування з іншими матеріалами через будівництво та реконструкцію, а також забруднення внаслідок промислових викидів, транспорту та інших джерел. Як результат, ґрунти в міських областях мають унікальні характеристики, які відрізняють їх від сільських, і вимагають специфічних підходів у дослідженні. Міські ґрунти можуть складатися з матеріалів, що сильно пошкоджені та оброблені, що змінені внаслідок змішування, переміщення та інших втручань, що виникають внаслідок будівельної діяльності. Крім того, у цих ґрунтах може накопичуватися різноманітне забруднення внаслідок присутності декількох джерел забруднення близько або всередині міста. В цілому, це часто призводить до утворення ґрунтів з великою кількістю артефактів та крупних часток, високим ступенем стиснення або ущільнення, поганими фізичними властивостями, низьким вмістом органічної речовини та низькою родючістю. Зважаючи на властивості міських ґрунтів, такі як обмежена родючість, поганий фізичний стан і можливе високе забруднення, часто можна очікувати низький рівень активності мікроорганізмів і різноманітність [19].

Ґрунт виступає основним абсорбентом для наноматеріалів, які вивільнюються. Наноматеріали потрапляють в ґрунт під час використання та видалення різних продуктів, що містять нанодобавки, таких як електронні прилади, упаковка для їжі та косметичні засоби, а також застосування

нанодобрив. Ефект наноматеріалів на мікробне різноманіття був значно виразнішим для грибів, ніж для бактерій. У порівнянні з вуглецевими наноматеріалами, металеві наноматеріали мають більш помітний негативний вплив на різні параметри мікробної спільноти ґрунту. Коли наноматеріали потрапляють у ґрунтове середовище, вони прямо або опосередковано взаємодіють з мікробним співтовариством ґрунту. Мікробіом ґрунту має вирішальне значення для регулювання та підтримки різноманітних функцій ґрунту, включаючи оборот поживних речовин, мінералізацію та утримання вуглецю, розклад забруднюючих речовин, зростання рослин та їхній розвиток. Таким чином, мікробне різноманіття та робота мікроорганізмів визначають здоров'я ґрунту [20].

Властивості вуглецевих наноматеріалів, які є унікальними з фізико-хімічної точки зору, призводять до їх широкого застосування у різних галузях та збільшення виробництва. Проте, зі зростанням виробництва та використання цих матеріалів, збільшується ймовірність їхнього викиду в навколишнє середовище, що може негативно вплинути на екосистеми. Оскільки наземні екосистеми вважаються головними в абсорбції наноматеріалів, викинуті вуглецеві наноматеріали можуть накопичуватися в ґрунті та впливати на ґрунтову біоту. Бактерії, що поширені в ґрунті, є найчутливішою складовою ґрунтової біоти; вони відіграють ключову роль у ґрунтовій екосистемі, зокрема, змінюють цикл поживних речовин, структуру ґрунту, активність, а також підтримують та регулюють функції. З цього приводу бактерії ґрунту розглядаються як надійний показник якості ґрунту та стану здоров'я екосистеми. Оскільки вуглецеві наноматеріали мають стабільність у ґрунті та важко видалюються, накопичені наноматеріали можуть тривалий час впливати на бактеріальні спільноти ґрунту під час взаємодії [21].

Мікропластик представляє собою новий тип забруднювачів, який викликає глобальне занепокоєння через свою токсичність для водних та наземних екосистем. Ці частинки визначаються як пластикові фрагменти

розміром менше 5 мм. Наявність мікропластику може змінювати фізичні та хімічні властивості ґрунту, знижувати його родючість, руйнувати мікробні спільноти, сприяти викидам парникових газів, а також впливати на якість ґрунту і ріст рослин. Вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) і закис азоту (N_2O) є основними парниковими газами, що сприяють глобальній зміні клімату, причому найбільший вплив має CO_2 . Викиди CO_2 з ґрунту, відомі як дихання ґрунту, виникають в результаті біологічних процесів, зокрема діяльності ґрунтових мікроорганізмів, коріння рослин та метаболізму тварин. Дихання ґрунту становить один із найбільших потоків CO_2 на планеті. Тому навіть незначні зміни в цьому процесі можуть вплинути на концентрацію CO_2 в атмосфері та вплинути на глобальний вуглецевий цикл. Ґрунтові ферменти — це біологічно активні речовини, які виділяються ґрунтовими тваринами, мікроорганізмами та корінням рослин. Вони залучені до різних метаболічних процесів, включаючи генезис і розвиток ґрунту, формування його родючості та очищення. Завдяки своїй ролі каталізаторів у біохімічних реакціях, активність ґрунтових ферментів є важливим показником родючості та якості ґрунту. На активність ґрунтових ферментів впливають різноманітні біотичні та абіотичні фактори, такі як рН, температура, опади, доступність поживних речовин, мікробна біомаса та склад мікробних спільнот. Усі ці чинники можуть змінюватися під впливом забруднення мікропластиком [22].

Наявність та накопичення мікропластику становлять потенційну загрозу та впливають на ґрунтові системи, в тому числі і мікроекосистеми. Мікроорганізми, які є основними формами життя в цих екосистемах, відіграють ключову роль у процесах мінералізації органічної речовини ґрунту, циркуляції поживних речовин та регулюванні клімату. Їхня функція є вирішальною для підтримки глобального біорізноманіття ґрунту та екосистем. Мікроорганізми демонструють велику чутливість до змін у своєму оточенні завдяки їхній високій здатності адаптуватися до змін у властивостях субстрату та ґрунту. Дослідження впливу викидів забруднюючих речовин, таких як мікропластик, важкі метали, поліциклічні

ароматичні вуглеводні, змін клімату та землекористування на мікроекологію ґрунту є одним із ключових напрямів досліджень у галузі охорони навколишнього середовища. Особливу увагу приділяють вивченню того, як мікробні спільноти ґрунту реагують на діяльність людини та природні процеси, включаючи різноманітність, структуру та функції. Згідно з мікрокосмічними експериментами, які моделювали та контролювали ситуацію, було встановлено, що мікропластик може змінювати умови середовища в ґрунті та впливати на гени, які відповідають за циклічний обіг поживних речовин та мікробну спільноту. Однак ґрунт є складною системою. Антропогенна діяльність призводить не лише до введення мікропластику, але й до викиду токсичних металів, пестицидів та інших забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Зрозуміло, що втрата різноманіття життя в ґрунті та зміни в екосистемних функціях є результатом складної взаємодії різних чинників, таких як властивості ґрунту та забруднюючі речовини, під впливом змін у навколишньому середовищі, спричинених людською діяльністю. Мікроорганізми ґрунту можуть служити індикаторами складу та змін у ґрунтовому середовищі під впливом людської діяльності [23].

Кислотність ґрунту впливає на розчинність поживних елементів у ґрунтовому розчині та їх доступність для рослин. Окрім того, мікроорганізми ґрунту, такі як бактерії та гриби, виконують різноманітні функції розкладання, сприяючи висвітленню основних поживних елементів для рослин. Зниження рівня рН у ґрунті змінює цей процес, зберігаючи вуглець у ґрунті та зменшуючи доступність поживних елементів для рослин, що призводить до затримки їхнього вивільнення для засвоєння рослинами. Проте утворення ґрунту з високим рівнем кислотності, коли рН менше 5,5, може спричинити затримку у рості рослин через такі фактори, як токсичність алюмінію або інших важких металів. Високий або низький рівень кислотності призводить до втрати мікроорганізмів та загалом негативно впливає на стан ґрунту. Крім того, кислотність впливатиме на розчинність і ефективність деяких токсичних хімікатів, таких як алюміній. Кислий ґрунт

обмежує розвиток коренів та можливість взаємодії коренів з бактеріями для утворення бульбочок, що впливає на їхнє формування. При оптимальному рівні рН збільшується активність шкідливих мікроорганізмів, що може потребувати контролю. Більшість мікроорганізмів функціонують оптимально в певному діапазоні рН. При дуже кислому або лужному рівні рН мікробна активність знижується, що призводить до сповільнення або припинення мінералізації органічних речовин. Вплив рівня рН на бактеріальне різноманіття ґрунту може виявитися незначним лише за самим показником рН. Екстремально високі або низькі значення рН можуть призвести до втрати цих мікроорганізмів, що загострить стан ґрунту в цілому. Крім того, рівень рН впливає на розчинність та ефективність деяких токсичних речовин (наприклад, алюмінію), які рослини можуть поглинати. Рівень рН ґрунту прямо пов'язаний з бактеріальним співтовариством в екосистемі, що має прямий вплив на процес закислення ґрунту. Більшість мікроорганізмів мають оптимальний діапазон рН, у межах якого вони можуть виживати та функціонувати [24].

2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень

Об'єктом дослідження є ґрунти ландшафтно-рекреаційних зон міста Дніпро. Дослідження зосереджено на біодіагностиці екологічного стану ґрунтів, що є важливою складовою для розуміння біологічних процесів мікроорганізмів у різних умовах міського середовища.

Дослідження проводилися на чотирьох контрольних точках, які охоплюють різні типи екосистем у межах міста Дніпро: Парк Шевченка, Проспект Гагаріна, Тонельна балка та Набережна Січеславська.

Парк Шевченка є однією з найбільших рекреаційних зон міста, що характеризується високим рівнем озеленення та відносно стабільними екологічними умовами. Об'єкт розташований в центрі міста, де антропогенне навантаження помірне, а ґрунти мають значний вміст органічних речовин. Це місце обране як контрольне через мінімальне втручання людської діяльності в природні процеси ґрунтоутворення.

Проспект Гагаріна відомий своїми садовими екосистемами, що представлені різноманітними декоративними насадженнями та зеленими зонами. Цей район характеризується інтенсивним антропогенним впливом через високу щільність населення і транспортні потоки. Дослідження ґрунтів у цій зоні дозволяють оцінити вплив урбанізації та садівничої діяльності на біологічну активність мікроорганізмів.

Тонельна балка є природною зоною, що знаходиться на периферії міста і має специфічні умови для розвитку біорізноманіття. Ця ділянка відрізняється високим рівнем природної рослинності та мінімальним антропогенним втручанням, що робить її ідеальною для вивчення природних біологічних процесів. Особливу увагу тут приділено ґрунтам, вкритим соломою, що сприяє розвитку специфічних мікробіологічних спільнот.

На рисунку 2.1 зображено місця відбору зразків ґрунту позначені на карті.

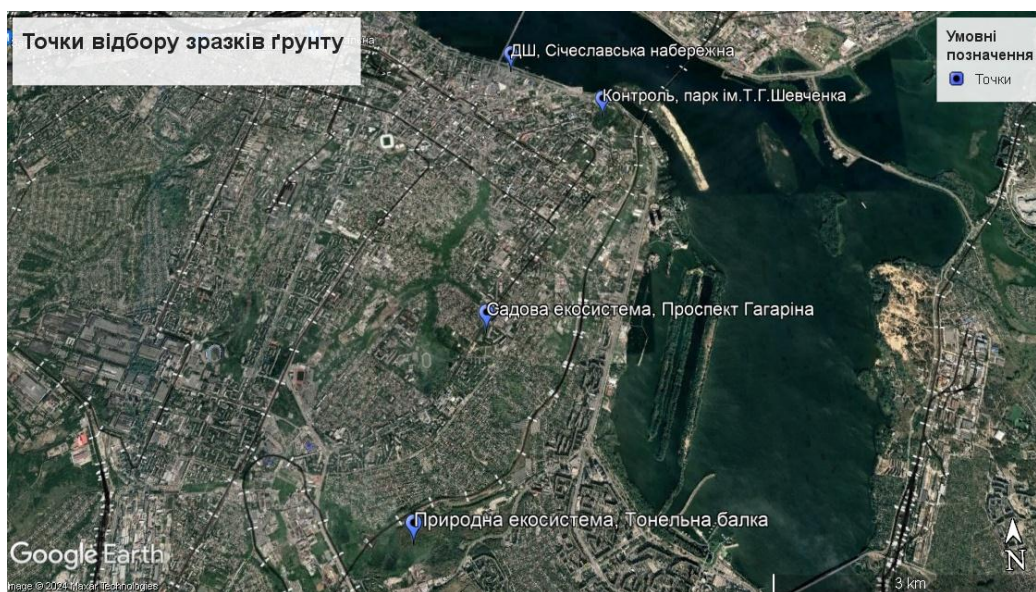


Рисунок 2.1 - Місця відбору зразків ґрунту із дослідних ділянок позначені на карті

Набережна Січеславська є важливою частиною міської інфраструктури, що поєднує рекреаційні та урбаністичні елементи. Ґрунти цієї зони піддаються значному впливу як природних факторів (річка Дніпро, рослинність), так і антропогенного навантаження (пішохідний та транспортний рух). Дослідження ґрунтів у цій зоні дозволяють вивчити взаємодію різних факторів на екологічний стан ґрунтового покриву.

Усі досліджувані місця мають свої унікальні екологічні умови, що впливають на склад і активність ґрунтових мікроорганізмів. Вибір цих ділянок дозволяє отримати комплексну картину про стан ґрунтів у різних екосистемах міста Дніпро, враховуючи як природні, так і антропогенні

фактори. Дослідження спрямовані на виявлення залежностей між екологічним станом ґрунтів та біологічною активністю мікроорганізмів, що є важливим для розробки стратегій збереження та поліпшення екологічного стану міських ландшафтів.

2.2 Ґрунтові умови досліджуваних територій

Ґрунтові умови районів досліджень мають суттєві відмінності, які впливають на склад і активність ґрунтових мікроорганізмів. Кожна точка відбору проб має унікальні характеристики, що надають їм наукове значення для вивчення ґрунтових мікроорганізмів [25].

Парк Шевченка представляє собою ділянку зі значним рівнем змитості чорноземів, що спричиняє високу ерозію ґрунту. Ґрунт тут має відносно нейтральну кислотність і характеризується хорошою структурою, що сприяє аерації та вологоутриманню. Високий вміст гумусу та багатий мікробіом роблять цей ґрунт ідеальним для контролю, оскільки він демонструє природний стан ґрунту з мінімальним антропогенним втручанням. Це місце дозволяє вивчати базові показники ґрунтових мікроорганізмів у стабільних умовах [26].

Ґрунти на проспекті Гагаріна мають специфічні характеристики, обумовлені інтенсивним антропогенним впливом і садівничою діяльністю. Вони характеризуються змішаним складом, з підвищеним вмістом мінеральних добрив і залишків органічної матерії від садових рослин. Часто спостерігається підвищена кислотність, що може впливати на активність та різноманітність мікроорганізмів. Ця ділянка надає можливість дослідити вплив міського середовища і садівництва на ґрунтовий мікробіом, вивчити адаптаційні механізми мікроорганізмів до змінених умов та їх роль у деградації органічних речовин [27].

Тонельна балка відома своїми природними умовами з мінімальним втручанням людини. Ґрунти тут представлені переважно чорноземами з меншим ступенем змитості, ніж у парку Шевченка, що сприяє збереженості органічної речовини та добрим агрофізичним властивостям. У ярах та балках Тонельної балки поширені балочні алювіальні і делювіальні відклади, представлені піщано-глинистими породами, на яких сформувалися сучасні ґрунти. Особливо цікавою є ділянка, покрита соломою, яка сприяє утворенню специфічних мікробних спільнот, адаптованих до розкладу органічних решток. Цей ґрунт дозволяє вивчити природні процеси мінералізації органічної речовини і роль мікроорганізмів у цих процесах, а також оцінити екологічну стабільність ґрунтових систем [28].

Ґрунти на Набережній Січеславській зазнають значного впливу як природних, так і антропогенних факторів. Вони часто складаються з алювіально-делювіальних відкладів, поширених на терасах Дніпра, і техногенних матеріалів. Ці ґрунти характеризуються значною неоднорідністю, що може включати як забруднені ділянки, так і зони з високою родючістю. Важливим аспектом є дослідження впливу річки Дніпро на ґрунтові умови, що створює унікальні умови для існування специфічних мікроорганізмів, здатних розкладати різні типи органічних і неорганічних забруднень [29].

Ґрунти міста Дніпро переважно представлені чорноземами звичайними малогумусними, які є характерними для даного регіону. Ці ґрунти мають важливе значення не тільки для сільськогосподарської діяльності, але й для ландшафтно-рекреаційних зон, завдяки їх високій родючості та здатності утримувати вологу. Профіль чорноземів звичайних малогумусних складається з кількох чітко виражених горизонтів, кожен з яких має свої унікальні фізико-хімічні властивості [30].

Гумусовий горизонт (А) поширюється на глибину від 0 до 40 см. Він має темно-сірий до чорного колір, високий вміст органічної речовини (гумусу), що становить від 3 до 5%, та зернисту або горіхоподібну структуру.

Цей горизонт характеризується високим рівнем вологості та доброю аерацією. Хімічні властивості гумусового горизонту включають нейтральну або слабокислу реакцію (рН 6.5-7.0) та високий вміст основних поживних елементів (азот, фосфор, калій).

Підгумусовий горизонт (В) залягає на глибині від 40 до 60-80 см. Він має темно-сірий з коричневим відтінком колір і знижений вміст гумусу порівняно з верхнім горизонтом. Структура цього горизонту зазвичай горіхоподібна або призматична. Підгумусовий горизонт характеризується меншою вологостістю, але доброю водопроникністю. Його хімічні властивості включають слабокислу до нейтральної реакцію (рН 6.0-6.5) та зменшений вміст поживних речовин.

Перехідний горизонт (ВС) розташований на глибині від 60-80 см до 100-120 см. Його колір варіює від світло-сірого до жовтуватого, і він складається зі змішаних ґрунтових матеріалів з підгумусового і материнського горизонту. Структура перехідного горизонту менш виражена, може бути комковатою або горіхоподібною. Фізичні властивості цього горизонту включають зменшену вологостість та водопроникність, а хімічні – зменшений вміст гумусу та поживних речовин, слабокислу реакцію (рН 6.0-6.5).

Материнська порода (С) починається з глибини 100-120 см і глибше. Вона має жовтувато-сірий або світло-коричневий колір і складається переважно з мінеральних компонентів (піщано-глинисті породи) з малим вмістом гумусу. Структура материнської породи масивна або комковата, характеризується низькою вологостістю та водопроникністю. Хімічні властивості включають слабокислу або нейтральну реакцію (рН 6.5-7.0) [31].

Чорноземи звичайні малогумусні міста Дніпро характеризуються високою природною родючістю, що обумовлено значним вмістом гумусу у верхніх горизонтах і сприятливими фізико-хімічними властивостями. Ці ґрунти забезпечують оптимальні умови для росту і розвитку рослин, що важливо не тільки для сільськогосподарського виробництва, але й для

підтримання екологічної стабільності ландшафтно-рекреаційних зон. Чорноземи є ідеальними для розвитку міських парків і садів, сприяючи збереженню біорізноманіття та створенню сприятливих умов для відпочинку населення [32].

Разом з тим, чорноземи є вразливими до ерозійних процесів, що особливо помітно на схилах і в балках, де ступінь змитості може значно варіювати. В парку Шевченка спостерігається вищий рівень змитості, ніж у Тонельній балці. Алювіально-делювіальні відклади поширені на терасах Дніпра, тоді як у ярах та балках більше поширений балочний алювій і делювій, представлені піщано-глинистими породами, на яких сформувалися сучасні ґрунти. Ці характеристики роблять ґрунти міста Дніпро цінними не тільки для аграрного сектору, але й для підтримки та розвитку зелених зон, що мають важливе рекреаційне та екологічне значення [33].

Усі досліджувані зразки ґрунтів є унікальними через їх специфічні умови формування і вплив різних факторів на їх склад і властивості. Вивчення цих ґрунтів дозволяє: оцінити базові екологічні параметри ґрунтових систем у природних і урбанізованих умовах; дослідити вплив інтенсивної садівничої діяльності на ґрунтовий мікробіом та процеси розкладу органічної речовини; вивчити природні мікробні процеси в умовах мінімального антропогенного впливу та роль мікроорганізмів у мінералізації органічних речовин; дослідити взаємодію природних та антропогенних факторів на склад і активність ґрунтових мікроорганізмів, особливо в умовах річкових екосистем [34].

Ці дослідження сприяють глибшому розумінню екологічних процесів у ґрунтах міських ландшафтів і можуть стати основою для розробки стратегій збереження та покращення екологічного стану міських територій.

2.3 Методи проведення досліджень

У процесі проведення досліджень використано стандартизований метод відбору проб ґрунту, згідно з вимогами ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту». Крім того, велику увагу було зосереджено на коефіцієнт мінералізації та коефіцієнт оліготрофності, які є важливими показниками для оцінки екологічного стану ґрунтового середовища [35].

Перш за все, були визначені локалізація та кількість точок відбору проб, що відображали різноманітність ґрунтових умов у досліджуваній території. Вибір конкретних місць для відбору проб виконувався на підставі аналізу ландшафтних особливостей, історії використання та потенційного впливу антропогенних факторів.

Процес відбору проб включав в себе стандартизовані техніки збирання та зберігання ґрунтових зразків, що гарантували їхню цілісність та відповідність науковим вимогам. У випадках, коли було необхідно провести збір проб на різних глибинах, були використані спеціальні пристрої та методи, що забезпечували рівномірне та репрезентативне представлення ґрунтового профілю.

Крім того, при відборі проб було враховано сезонні варіації та динаміку змін параметрів ґрунту протягом року. Це включало проведення відбору проб у різні пори року, такі як осінь та весна, з метою отримання повного обсягу інформації про екологічний стан досліджуваної території.

У результаті систематичного та науково обґрунтованого підходу до відбору проб було забезпечено отримання об'єктивних та достовірних даних, які відображають реальний стан ґрунтового середовища у ландшафтно-рекреаційних зонах.

Відбір проб ґрунту проводився 3 рази: восени(у листопаді) та навесні (у березні та квітні), з метою вивчення динаміки змін параметрів протягом

року. Для визначення вологості ґрунту був застосований гравіметричний метод, який є стандартним у педологічних дослідженнях та забезпечує точні результати.

У процесі досліджень ми використовували метод посіву на тверді живильні середовища для виділення чистих культур мікроорганізмів. Цей метод є ефективним у виділенні мікроорганізмів та дозволяє докладно вивчити їхню фізіологію, біохімію та інші аспекти життєдіяльності.

Згідно з методом, ґрунтова суспензія, що містить мікроорганізми, була розподілена на поверхню твердого живильного середовища, аналізованого на агарі. Формування видимих колоній мікроорганізмів дозволило нам оцінити їхню чисельність шляхом кількісного обліку. Для визначення чисельності ґрунтових мікроорганізмів на агаризованих середовищах ми використовували метод непрямого підрахунку.

Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп визначали методом *посіву розведень суспензій* субстратів ґрунтової маси на поживні середовища: амоніфікувальні бактерії – на м'ясо-пептонному агарі (МПА); евтрофні мікроміцети – на середовищі Чапека; бактерії, що живляться мінеральними формами азоту (на 4 добу інкубації посівів), мікроміцети і стрептоміцети (на 7 добу) – на крохмально-аміачному агарі (КАА); оліготрофні мікроорганізми – бактерії, мікроміцети і стрептоміцети визначали – на голодному агарі (ГА) [], оліготрофні, здатні до амоніфікації – на розбавленому (1:10) МПА; мікроорганізми-оліготрофи – бактерії, мікроміцети і стрептоміцети, здатні засвоювати мінеральні форми азоту – на розбавленому (1:10) КАА; целюлозоруйнівні – мікроорганізми: бактерії, мікроміцети і стрептоміцети – на середовищі Гетчинсона; олігонітрофільні бактерії – на безазотному середовищі Ешбі. Чисельність ґрунтових мікроорганізмів виражали у колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 г абсолютно сухого ґрунту.

Використання цього комплексу методів дозволило нам здійснити детальний аналіз мікробного складу та їхню активність у досліджуваному

матеріалі. Такий підхід має велике значення для розуміння екологічного стану ґрунтів у ландшафтно-рекреаційних зонах та розробки заходів з їхнього збереження та відновлення.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Чисельність та різноманітність мікроорганізмів у ґрунтах

Мікробні угруповання відчувають значний тиск від антропогенного навантаження, що безпосередньо впливає на процеси ґрунтоутворення та біологічні процеси в ґрунті. Зменшення чисельності та різноманітності мікроорганізмів в умовах інтенсивного людського впливу призводить до порушення природних циклів трансформації органічних речовин, що, в свою чергу, позначається на родючості ґрунтів та їх здатності до самовідновлення.

Антропогенне навантаження знижує активність ключових мікробіологічних процесів, таких як амоніфікація та руйнування целюлози, що є критичними для підтримки здорового ґрунтового середовища.

У рамках проведених досліджень було зроблено детальний аналіз чисельності та різноманітності мікроорганізмів у ґрунтах чотирьох різних локацій міста Дніпро: Січеславська набережна, парк Шевченка, проспект Гагаріна та Тонельна балка. Аналіз проведено з метою визначення кількісного та таксономічного складу мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби та стрептоміцети.

Результати дослідження показали суттєві відмінності у чисельності та різноманітності мікроорганізмів між досліджуваними локаціями, що показує наскільки мікробні угруповання вразливі та відчувають тиск від антропогенного навантаження.

Аналіз чисельності в зразках ґрунту взятих на Січеславській набережній характеризується найменшою кількістю мікроорганізмів серед усіх досліджуваних точок.

У таблиці 3.1 наведено чисельність різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів.

Таблиця 3.1 – Чисельність мікроорганізмів у зразках ґрунту з Січеславської набережної.

Еколого-трофічні групи	Таксономічний склад			Разом
	Бактерії	Гриби	Стрептоміцети	
Амоніфікувальні	1500±150	—	—	1500±150
Амілолітичні	500±40	1000±90	900±80	2400±210
Целюлозоруйнівні	1000±90	50±5	—	1050±95
Оліготрофи на МПА 1:10	800±70	1500±130	700±60	3000±260
Оліготрофи на КАА 1:10	2500±200	4000±350	1000±90	7500±640
Оліготрофи на ГА	900±80	2000±180	2500±220	5400±480

високим ступенем антропогенного впливу та урбанізації цієї зони. Показники амоніфікувальних бактерій та целюлозоруйнівних мікроорганізмів тут найнижчі, що свідчить про слабкий розвиток природних процесів ґрунтоутворення. Високі значення оліготрофів на крохмалоаміачному агарі та на голодному агарі можуть бути обумовлені адаптацією мікроорганізмів до обмежених поживних ресурсів у ґрунті набережної.

Чисельність мікроорганізмів у парку Шевченка, який є контрольною точкою для досліджень показує середні значення чисельності мікроорганізмів.

Дані наведені у таблиці 3.2. показують, що на даній точці спостережень спостерігається більший ступінь змитості ґрунтів, що впливає на їхній біологічний склад.

Таблиця 3.2 — Чисельність мікроорганізмів у зразках ґрунту з парку ім.Т.Г.Шевченка.

Еколого-трофічні групи	Таксономічний склад			Разом
	Бактерії	Гриби	Стрептоміцети	
Амоніфікувальні	2000±180	—	—	2000±180
Амілолітичні	600±50	1200±110	1100±100	2900±260
Целюлозоруйнівні	1500±140	100±10	—	1600±150
Оліготрофи на МПА 1:10	900±80	2000±180	900±80	3800±340
Оліготрофи на КАА 1:10	3000±270	4500±400	1200±110	8700±780
Оліготрофи на ГА	950±90	2200±200	2700±240	5850±530

На даній точці спостережень спостерігається більший ступінь змитості ґрунтів, що впливає на їхній біологічний склад. Показники амоніфікувальних та целюлозоруйнівних мікроорганізмів вищі, ніж на Січеславській набережній, але значно нижчі, ніж у Тонельній балці. Це свідчить про деякий вплив урбанізації та рекреаційної діяльності на біологічну активність ґрунту.

Активність і чисельність мікроорганізмів із зразків ґрунту взятих на проспекті Гагаріна має більш високі показники чисельності мікроорганізмів порівняно з парком Шевченка, але поступається Тонельній балці.

У таблиці 3.3 наведено дані чисельності мікроорганізмів із зразків ґрунту взятих на проспекті Гагаріна.

Таблиця 3.3 - Чисельність мікроорганізмів у зразках ґрунту з проспекту Гагаріна

Еколого-трофічні групи	Таксономічний склад			Разом
	Бактерії	Гриби	Стрептоміцети	
Амоніфікувальні	3000±270	—	—	3000±270
Амілолітичні	550±50	1300±120	1200±110	3050±280
Целюлозоруйнівні	2000±180	80±8	—	2080±188
Оліготрофи на МПА 1:10	950±90	2500±230	1000±90	4450±410
Оліготрофи на КАА 1:10	3200±290	4800±430	1300±120	9300±840

Оліготрофи на ГА	1000±90	2300±210	2900±260	6200±560
------------------	---------	----------	----------	----------

У даних зразках ґрунту спостерігається більша кількість амоніфікувальних, амілолітичних бактерій та целюлозоруйнівних мікроорганізмів, що вказує на кращі умови для ґрунтової біоти. Вищий рівень оліготрофів може бути пов'язаний з садівництвом, яке сприяє внесенню органічних речовин і покращує ґрунтові умови району де проводився відбір зразків ґрунту.

Чисельність мікроорганізмів у Тонельній балці демонструє найвищі показники. У таблиці 3.4 наведено чисельність мікроорганізмів у зразках ґрунту з Тонельної балки.

Таблиця 3.4 - Чисельність мікроорганізмів у зразках ґрунту з Тонельної балки	Еколого-трофічні групи	Таксономічний склад			Разом
		Бактерії	Гриби	Стрептоміцети	
	Амоніфікувальні	4600±453	—	—	4600±453
	Амілолітичні	624±42	1698±132	1596±135	3918±376
	Целюлозоруйнівні	3000±288	144±13,6	—	3144±383
	Оліготрофи на МПА 1:10	1006±213	3698±421	1096±135	6287±193
	Оліготрофи на КАА 1:10	3200±290	5212±476	1388±376	9981±341
	Оліготрофи на ГА	3381±360	2552±131	3112±219	6759±507

зразках ґрунту з Тонельної балки

Зразки ґрунту показують, що Тонельна балка є найкращим середовищем у якому знаходяться мікробоценози. Дана екосистема перебуває у сталому розвитку і балансі через мінімальний антропогенний вплив та сталі природні процеси ґрунтоутворення.

У даних зразка можна спостерігати найвищі значення амоніфікувальних бактерій та целюлозоруйнівних мікроорганізмів, що свідчить про активний мікробіологічний цикл. Також високі показники оліготрофів вказують на здорову та різноманітну ґрунтову екосистему. Обмін органіки у такій системі знаходиться у безперервному обігу, що сприяє сприятливому режиму ґрунтоутворюючих процесів.

3.2 Взаємозв'язок між фізико-хімічними параметрами ґрунту та чисельністю мікроорганізмів

Дослідження фізико-хімічних параметрів ґрунту та чисельності мікроорганізмів є важливими для розуміння екологічного стану ґрунтів. Фізико-хімічні параметри, такі як вологість, рН, вміст органічної речовини та мінералів, безпосередньо впливають на мікробні угруповання, визначаючи їх чисельність, різноманітність та активність.

У проведених дослідженнях було зроблено детальний аналіз чисельності та різноманітності мікроорганізмів у ґрунтах різних локацій. Зразки ґрунту були відібрані у трьох різних сезонах - восени, березні та травні, що дозволило оцінити динаміку змін чисельності мікроорганізмів та їх зв'язок з фізико-хімічними параметрами.

Раннє потепління у березні, яке зазвичай властиве кінцю квітня посприяло рівню інтенсивності біологічних процесів які можна спстерігати в дослідженнях. Показники, які були отримані в березні відповідають більш пізнім строкам, чому посприяла тепла зима і достатня кількість вологи, яка є одним із ключових фізико-хімічних параметрів, що був досліджений. Вологість впливає на доступність води для мікроорганізмів, що є критичним

фактором для їхньої життєдіяльності. У таблиці 3.5 наведені дані про вологість зразків ґрунту відібраних на дослідних ділянках.

Таблиця 3.5 - Вологість ґрунту у зразках ґрунту

Проведення дослідів	Дорожній шлях	Контроль	Садова екосистема	Природна екосистема
Листопад	0,707	0,224	0,710	0,504
Березень	0,710	0,852	0,841	0,496
Травень	0,877	0,712	0,971	0,505

Аналізуючи дані таблиці, можна помітити, що вологість ґрунту значно варіюється залежно від місця та сезону. Наприклад, вологість у контрольній ділянці значно зросла в третьому досліді, що може бути пов'язано з сезонними змінами або іншими екологічними факторами.

Чисельність мікроорганізмів, виражена в колонієутворюючих одиницях (КУО) на 1 г абсолютно сухого ґрунту, була оцінена за допомогою методу посіву на тверді живильні середовища. Вищий рівень вологості в ділянках, таких як природна екосистема в першому досліді, сприяє збільшенню чисельності мікроорганізмів через покращену доступність води. Водночас, низька вологість у контрольній ділянці в першому досліді корелює з нижчою чисельністю мікроорганізмів.

Дослідження проведенні у листопаді низький рівень чисельності мікроорганізмів. Для аналізу було обрано різні групи мікроорганізмів: амоніфікувальні, амілолітичні, целюлозоруйнівні, оліготрофи на МПА 1:10, оліготрофи на КАА 1:10 та оліготрофи на ГА. Було встановлено, що чисельність мікроорганізмів суттєво змінюється залежно від вологості ґрунту та місця проведення досліджень.

Дані показують, що чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів коливається від 800 КУО/г у ділянці ДШ з вологістю 0,71% до 3100 КУО/г у природній екосистемі з вологістю 0,496%. Амілолітичні мікроорганізми мають чисельність від 1600 КУО/г у ділянці ДШ до 2818 КУО/г у природній

екосистемі. Для целюлозоруйнівних мікроорганізмів чисельність варіюється від 650 КУО/г у ДШ до 2144 КУО/г у природній екосистемі.

Оліготрофи на МПА 1:10 показують чисельність від 2500 КУО/г у ДШ до 5287 КУО/г у природній екосистемі. Оліготрофи на КАА 1:10 мають чисельність від 5500 КУО/г у ДШ до 8981 КУО/г у природній екосистемі. Оліготрофи на ГА коливаються від 3400 КУО/г у ДШ до 5759 КУО/г у природній екосистемі.

При аналізі цих даних стає очевидним, що в грудні спостерігається загальне пригнічення біологічних процесів у ґрунті. Основним фактором, що спричиняє таке зниження активності мікроорганізмів, є зниження температури, яка є критично важливою для їх життєдіяльності. Хоча вологість ґрунту залишається у межах оптимальних значень для різних ділянок, низька температура пригнічує активність мікроорганізмів.

Сезонні зміни також відіграють важливу роль у зниженні чисельності мікроорганізмів. У осінньо-зимовий період багато мікроорганізмів переходять у стан анабіозу або значно знижують свою активність через менш сприятливі умови, що відображається на їх чисельності. Крім того, доступність поживних речовин у зимовий період може бути знижена, що також негативно впливає на чисельність мікроорганізмів.

На рисунку 3.1 зображено зв'язок чисельності мікроорганізмів і вологості ґрунті у листопаді.

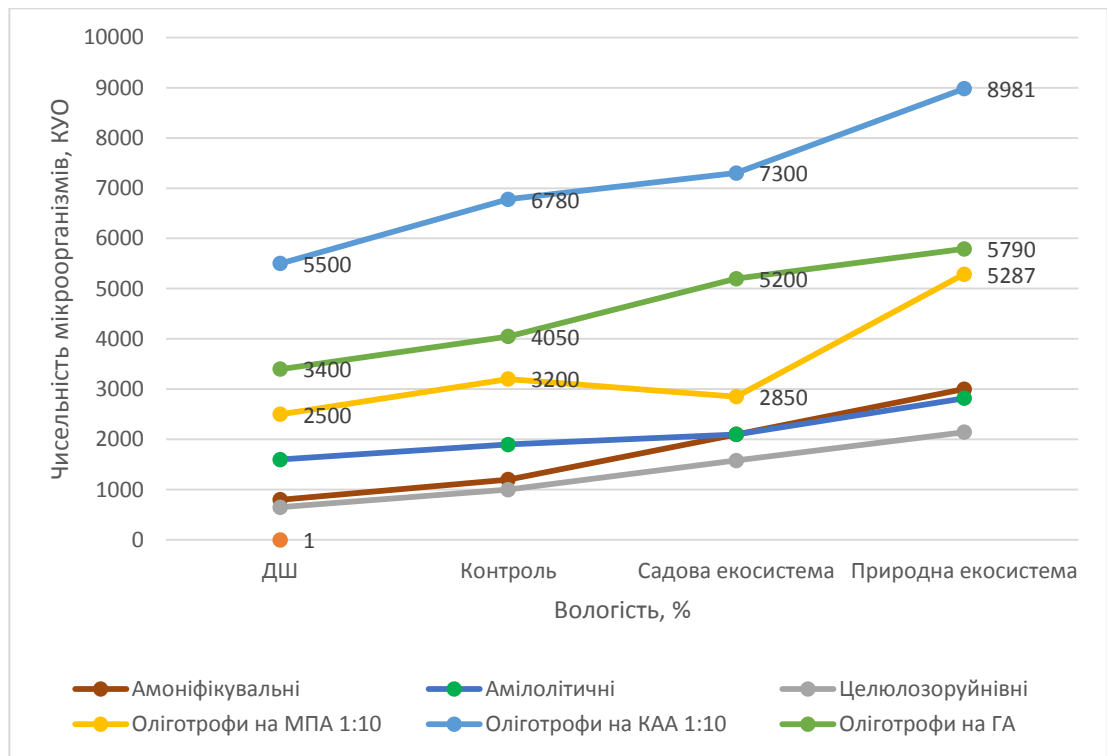


Рисунок 3.1 - Чисельність мікроорганізмів на різних дослідних ділянках під час проведення дослідів у листопаді.

Таким чином, результати дослідження вказують на те, що фізико-хімічні параметри ґрунту, такі як температура і вологість, мають значний вплив на чисельність та активність мікроорганізмів. Зокрема, зниження температури у осінньо-зимовий період є основним фактором, що пригнічує біологічні процеси в ґрунті, незважаючи на достатню вологість. Це підкреслює важливість комплексного підходу до вивчення впливу фізико-хімічних параметрів на ґрунтову мікробіоту, що враховує сезонні зміни та інші екологічні фактори.

Аналіз чисельності мікроорганізмів у різних ділянках та при різній вологості ґрунту, проведений у березні, показує результати, які є типовими для більш пізнього періоду, наприклад, кінця квітня. Це пояснюється теплою зимою та достатньою кількістю вологи, що створило сприятливі умови для інтенсивного розвитку мікробної активності вже на початку весни.

На рисунку 3.2 зображено зв'язок чисельності мікроорганізмів і вологості ґрунту у березні під час проведення другого дослідів.

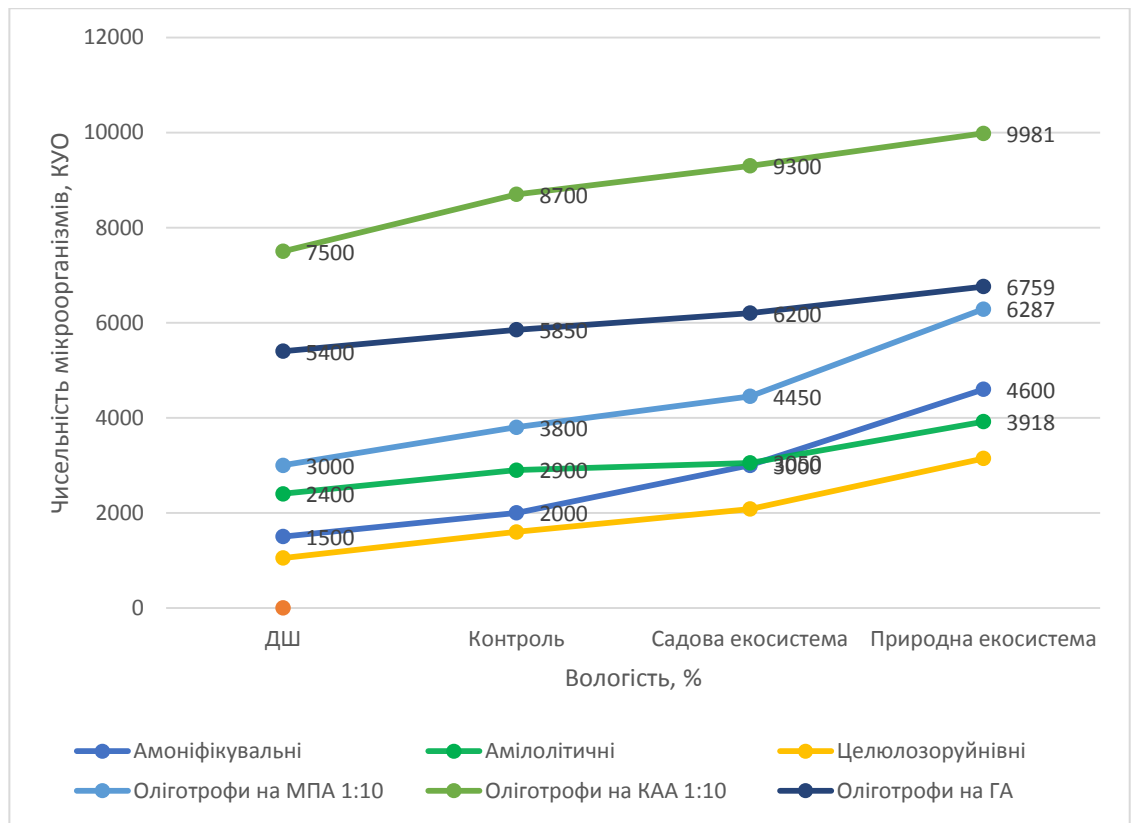


Рисунок 3.2 – Чисельність мікроорганізмів на різних дослідних ділянках під час проведення дослідів у березні.

Аналізуючи даний графік, можна побачити, що вологість ґрунту відіграє ключову роль у визначенні чисельності мікроорганізмів. Усі групи мікроорганізмів, включаючи амоніфікувальні, амілолітичні, целюлоторуйнівні та оліготрофні, демонструють збільшення чисельності зі зростанням вологості ґрунту. Найвища чисельність мікроорганізмів спостерігається у природній екосистемі з вологістю 0,504%, що вказує на оптимальні умови для їхнього розвитку. Контрольні ділянки з найнижчою вологістю мають нижчі показники чисельності, що підтверджує важливість достатньої вологості для підтримання активності та чисельності ґрунтових мікроорганізмів.

У травні спостерігаються оптимальні умови для розвитку мікроорганізмів завдяки підвищенню температури та вологості ґрунту після зимового періоду. На основі даних з рисунку 3.3 можна визначити взаємозв'язок між фізико-хімічними параметрами ґрунту та чисельністю мікроорганізмів.

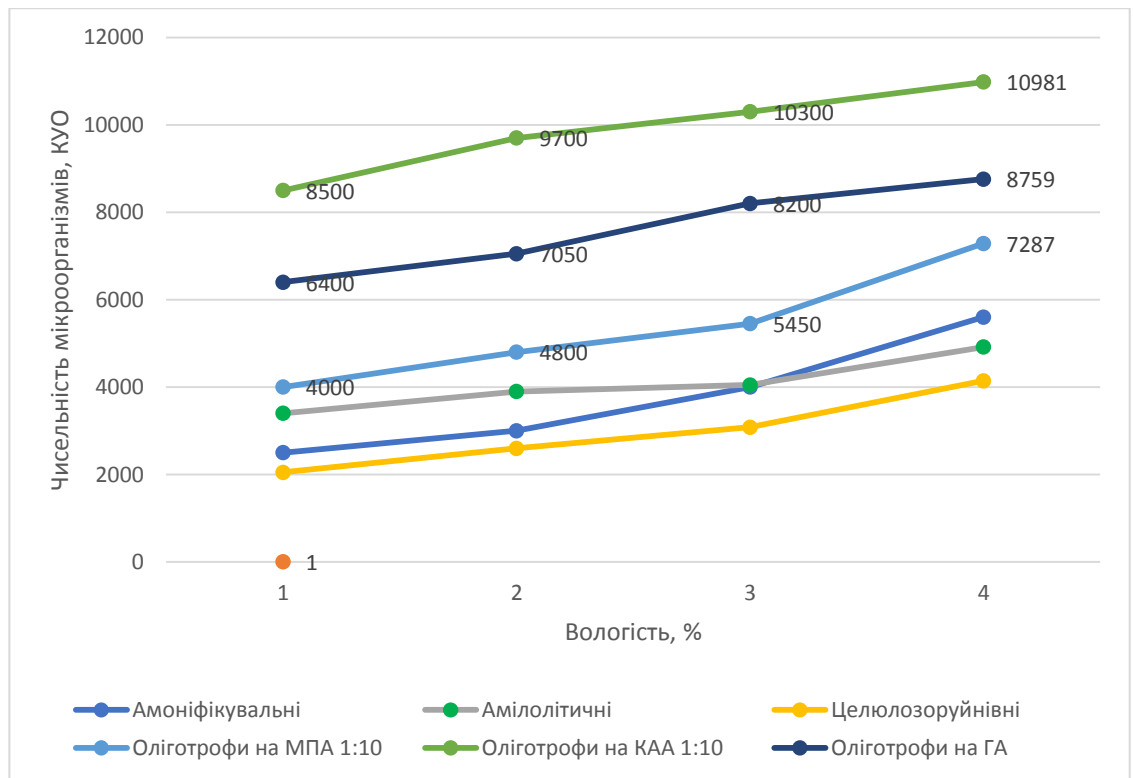


Рисунок 3.3 - Чисельність мікроорганізмів на різних дослідних ділянках під час проведення дослідів у травні.

З аналізу даних видно, що чисельність мікроорганізмів збільшується з підвищенням вологості ґрунту. Амніфікувальні мікроорганізми мають найвищу чисельність (5600 КУО/г) у природній екосистемі з вологістю 0,504%, і найнижчу (3000 КУО/г) у контрольній ділянці з вологістю 0,224%. Амнілітичні мікроорганізми також демонструють найвищу чисельність (4918 КУО/г) у природній екосистемі, де вологість 0,504%, і найнижчу (3900 КУО/г) у контрольній ділянці з вологістю 0,224%. Целюлосоруйнівні мікроорганізми мають найвищу чисельність (4144 КУО/г) у природній екосистемі, де вологість 0,504%, і найнижчу (2600 КУО/г) у контрольній ділянці з вологістю 0,224%. Оліготрофи на МПА 1:10 показують найвищу чисельність (7287 КУО/г) у природній екосистемі, де вологість 0,504%, і найнижчу (4800 КУО/г) у контрольній ділянці з вологістю 0,224%. Оліготрофи на КАА 1:10 мають найвищу чисельність (10981 КУО/г) у природній екосистемі, де вологість 0,504%, і найнижчу (9700 КУО/г) у контрольній ділянці з вологістю 0,224%. Оліготрофи на ГА демонструють

найвищу чисельність (8759 КУО/г) у природній екосистемі, де вологість 0,504%, і найнижчу (7050 КУО/г) у контрольній ділянці з вологістю 0,224%.

Порівняння з даними досліджу в березні показує, що у травні мікробна активність суттєво зростає. Навесні, з початком потепління, умови для розвитку мікроорганізмів покращуються. Підвищення температури та стабілізація вологості створюють сприятливі умови для мікробного росту та розмноження.

Таким чином, весняні місяці, особливо травень, забезпечують сприятливі умови для активного розвитку мікроорганізмів завдяки оптимальним температурним та вологісним умовам, що, в свою чергу, сприяє активізації біологічних процесів у ґрунті. Це підтверджується збільшенням чисельності мікроорганізмів у всіх досліджених групах на всіх ділянках у травні порівняно з зимовим періодом.

Антропогенний вплив також відіграє важливу роль у зміні фізико-хімічних параметрів та чисельності мікроорганізмів. Збільшення чисельності мікроорганізмів у садових ділянках може бути обумовлено регулярним внесенням органічних добрив, що покращує ґрунтові умови та стимулює розвиток мікробіоти.

Висновки з проведених досліджень підтверджують, що фізико-хімічні параметри ґрунту, зокрема вологість, мають значний вплив на чисельність мікроорганізмів. Підвищення вологості ґрунту сприяє збільшенню чисельності мікроорганізмів, що є важливим фактором для підтримання здорового ґрунтового середовища. Разом з тим, антропогенне навантаження та сезонні зміни також значно впливають на мікробні угруповання, що вказує на необхідність врахування цих факторів при розробці стратегій збереження та відновлення ґрунтів.

Важливим показником є коефіцієнт мінералізації, який характеризує інтенсивність розкладання органічних речовин в ґрунті та їх перетворення в мінеральні форми. Він обчислюється як відношення чисельності амоніфікуювальних мікроорганізмів до чисельності оліготрофів і виражається

у вигляді співвідношення. Цей показник дозволяє оцінити ступінь мінералізації органічної речовини і активність мікробіологічних процесів в ґрунті.

На основі даних про чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів та оліготрофів у таблиці 3.6 наведено коефіцієнт мінералізації для кожної точки відбору зразків ґрунту.

Таблиця 3.6 - Коефіцієнт мінералізації у зразках ґрунту на дослідних точках.

Місце проведення досліджень	Амоніфікувальні мікроорганізми (КУО/г)	Оліготрофи (КУО/г)	Коефіцієнт мінералізації
ДШ	1500	3000	0,5
Контроль	2000	3800	0,53
Садова екосистема	3000	4450	0,67
Природна екосистема	4600	6287	0,73

Як видно з наведеної таблиці, найвищий коефіцієнт мінералізації спостерігається у природній екосистемі (0,73), що свідчить про високу активність процесів мінералізації органічної речовини в цьому типі ґрунту. Садова екосистема має дещо нижчий коефіцієнт мінералізації (0,67), але він все ще вищий, ніж у контрольній ділянці (0,53) та ділянці ДШ (0,50).

Ці дані підтверджують, що природні та садові екосистеми забезпечують більш сприятливі умови для мінералізації органічних речовин у ґрунті порівняно з контрольними ділянками та ділянками з пригніченими біологічними процесами. Таким чином, вплив вологості та мікробіологічної активності на коефіцієнт мінералізації є важливим показником екологічного стану ґрунту та його здатності до самоочищення.

3.3 Оцінка впливу антропогенних факторів на ґрунтові мікроорганізми

В умовах урбанізованих територій, таких як ландшафтно-рекреаційні зони міста Дніпро, антропогенні фактори відіграють ключову роль у формуванні мікробіологічного складу ґрунту. Дослідження впливу антропогенних факторів на ґрунтові мікроорганізми є важливим аспектом біодіагностики екологічного стану ґрунтів, оскільки мікробіота ґрунту виконує критичні екологічні функції, такі як мінералізація органічних речовин, формування ґрунтової структури та підтримка родючості.

В ході досліджень впливу антропогенних факторів на ґрунтові мікроорганізми в ландшафтно-рекреаційних зонах міста Дніпро, увагу було зосереджено на аналізі впливу транспортних викидів та догляду за рекреаційними насадженнями. Об'єктом дослідження стали різні ділянки міських зелених зон.

Значна частина викидів від транспорту осідає в безпосередній близькості до дорожніх шляхів, що призводить до накопичення токсичних речовин у ґрунті. Аналіз ґрунтів, взятих із зони впливу транспортних артерій на Січеславській Набережній, показав значне пригнічення ґрунтових мікроорганізмів. Високий рівень забруднення важкими металами, вуглеводнями та іншими шкідливими сполуками може впливати на чисельність та активність ґрунтової мікробіоти. Це, в свою чергу, призводить до зменшення продуктивності ґрунтових мікроорганізмів, що виконують важливі екологічні функції, такі як мінералізація органічних речовин та підтримка родючості ґрунту.

Дослідження показали, що ґрунти в цій зоні мають значно нижчі показники чисельності амілолітичних та амоніфікувальних мікроорганізмів порівняно з іншими районами. Це свідчить про порушення природного балансу ґрунтової мікробіоти під впливом антропогенного тиску.

Щодо догляду за рекреаційними насадженнями, наші дослідження зосередилися на лучних газонах, які висіваються в міських зелених зонах. Зокрема, регулярний догляд газонів, який проводиться для підтримки

естетичного вигляду насаджень, запускає у рослин механізми асиміляції, направлені на відновлення росту і цвітіння. Цей процес супроводжується розвитком нерівномірного переносу наземної і підземної маси рослин, що викликає нерівномірні кореневі виділення.

Такі зміни в асиміляційних процесах порушують природну взаємодію між рослиною та ґрунтом, що відображається на ґрунтових мікроорганізмах. Зокрема, антропогенний чинник проявляється в тому, що чим інтенсивніший догляд за насадженнями, зокрема точкове використання хімікатів, тим більше порушується природний баланс між рослиною та ґрунтом. Це стосується і ґрунтових мікроорганізмів, які пов'язані метаболізмом з рослиною, таких як амілолітичні та амоніфікувальні мікроорганізми.

На рисунку 3.4 зображено відсоткове співвідношення амоніфікувальних та амілолітичних мікроорганізмів у ґрунтах на дослідній ділянці на Січеславській набережній.



Рисунок 3.4 - Відсоткове співвідношення амоніфікувальних та амілолітичних мікроорганізмів у ґрунтах на Січеславській набережній.

Найгірші показники серед досліджуваних точок свідчать про значне пригнічення ґрунтових мікроорганізмів, де амоніфікувальні мікроорганізми становлять 73.17%, а амілолітичні мікроорганізми - лише 26.83%. Це може бути наслідком високого рівня індустріального забруднення та інтенсивного рекреаційного навантаження, що негативно впливає на ґрунтову біоту. Таке співвідношення вказує на дисбаланс у мікробіологічних процесах ґрунту, зокрема на недостатню активність процесів розкладу органічних речовин.

Високий відсоток амоніфікувальних мікроорганізмів може свідчити про наявність умов для анаеробних процесів. Цей дисбаланс потребує заходів щодо поліпшення екологічного стану ґрунтів у цій зоні.

На рисунку 3.5 зображено відсоткове співвідношення амоніфікувальних та амілолітичних мікроорганізмів у ґрунтах на дослідній ділянці в Тонельній балці.

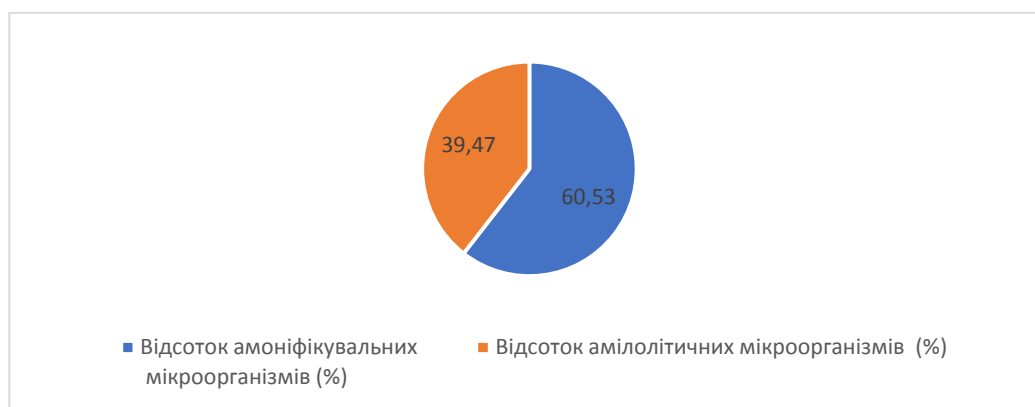


Рисунок 3.5 - Відсоткове співвідношення амоніфікувальних та амілолітичних мікроорганізмів у ґрунтах в Тонельній балці.

Найкращі результати в Тонельній балці свідчать про сприятливі умови для ґрунтових мікроорганізмів, де 60.53% становлять амоніфікувальні та 39.47% амілолітичні мікроорганізми. Це вказує на добре збалансовані мікробіологічні процеси в ґрунті, що сприяють ефективній мінералізації органічних речовин. Природна екосистема з мінімальним антропогенним впливом забезпечує стабільний розвиток ґрунтової біоти. Такий баланс є оптимальним для підтримки ґрунтової родючості та біологічної активності. Дослідження підтверджують, що Тонельна балка є еталоном екологічної стійкості серед вивчених зон.

На рисунку 3.6 зображено відсоткове співвідношення амоніфікувальних та амілолітичних мікроорганізмів у ґрунтах на дослідній ділянці на проспекті Гагаріна.



Рисунок 3.6 - Відсоткове співвідношення амоніфікувальних та амілолітичних мікроорганізмів у ґрунтах на проспекті Гагаріна.

Відносно збалансовані показники з невеликою перевагою амілолітичних мікроорганізмів (50.41%) над амоніфікувальними (49.59%) свідчать про стабільні умови для розвитку ґрунтової біоти. Цей баланс може бути результатом помірного антропогенного впливу та адекватного управління зеленою зоною. Хоча значення близькі до рівноваги, вони вказують на те, що умови для аеробних процесів у ґрунті є дещо кращими. Це сприяє активнішому розкладу органічних речовин та підтримці ґрунтової структури. Загалом, ці показники свідчать про необхідність підтримки поточних умов для збереження екологічної стійкості.

На рисунку 3.7 зображено відсоткове співвідношення амоніфікувальних та амілолітичних мікроорганізмів у ґрунтах на дослідній ділянці парку Шевченка.

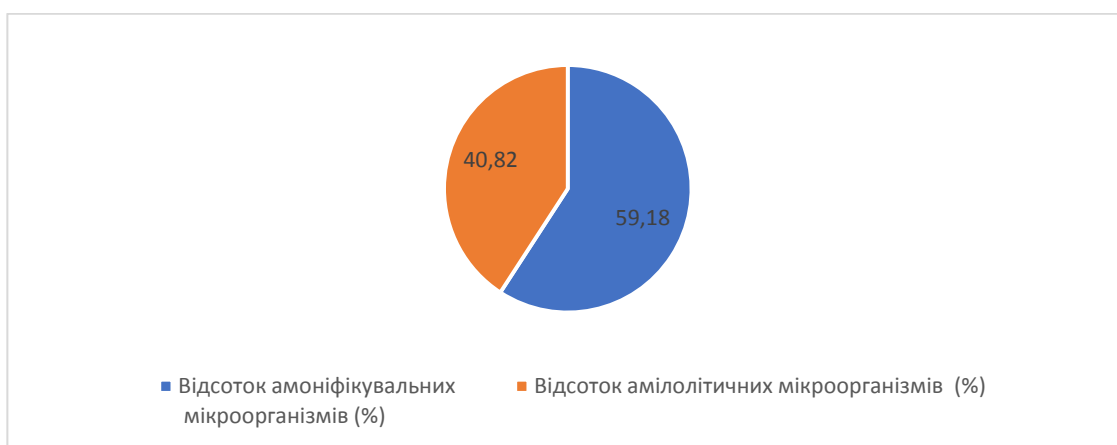


Рисунок 3.7 - Відсоткове співвідношення амоніфікувальних та амілолітичних мікроорганізмів у ґрунтах в парку Шевченка.

Високий відсоток амоніфікаційних мікроорганізмів (59.18%) порівняно з амоніфікувальними (40.82%) може свідчити про кращі умови для розвитку аеробних мікроорганізмів. Це вказує на високу біологічну активність та ефективні процеси розкладу органічних речовин у ґрунті. Такий розподіл є сприятливим для підтримки екологічних функцій ґрунту та його родючості. Менший вплив антропогенних факторів сприяє стабільності ґрунтової біоти. Дані підтверджують важливість збереження природного стану рекреаційних зон для підтримки їх екологічної стійкості.

У цілому результати наших досліджень показали, що в умовах регулярного догляду газонів на Січеславській Набережній спостерігається значне зниження чисельності та активності ґрунтових мікроорганізмів. Це призводить до відмирання частини кореневої системи рослин, оскільки наземна частина не може забезпечити всю кореневу систему.

На противагу цьому, в Тонельній балці, яка є природною екосистемою з мінімальним антропогенним втручанням, ґрунтові мікроорганізми демонструють високу чисельність та активність. Тут майже не відбувається косіння трав'янистої рослинності, що створює сприятливі умови для розвитку ґрунтової мікробіоти. Відсутність значного антропогенного тиску забезпечує стабільний розвиток екосистемних процесів та підтримку природного балансу між рослиною та ґрунтом.

Результати наших досліджень показали, що в природних екосистемах та садових зонах, які зазнають меншого антропогенного впливу, чисельність мікроорганізмів значно вища, ніж на контрольних ділянках, де антропогенний тиск є найбільшим. Наприклад, чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів у природних екосистемах сягає 4600 КУО/г, тоді як у контрольних ділянках – лише 2000 КУО/г. Аналогічна тенденція спостерігається і для інших груп мікроорганізмів.

Коефіцієнт мінералізації, що відображає інтенсивність розкладання органічних речовин у ґрунті, також вищий у природних екосистемах порівняно з контрольними ділянками. Це свідчить про те, що природні

екосистеми з меншою антропогенною навантаженістю забезпечують кращі умови для розвитку мікроорганізмів та підтримання біологічних процесів у ґрунті.

3.4 Потенційні економічні переваги проведення біодіагностики екологічного стану ґрунтів

Проведення біодіагностики екологічного стану ґрунтів у ландшафтно-рекреаційних зонах міста Дніпро має значний потенціал для економіки міста. Одним з головних аспектів є збереження сталості біологічних процесів мікроорганізмів, що знаходяться у ґрунті, що є критично важливим для підтримки екологічних зв'язків, які забезпечують належний стан і продуктивність міських зелених зон. В рамках вивчення екологічного стану ґрунтів ландшафтно-рекреаційних зон міста Дніпро велике значення має проведення біодіагностики, оцінка результатів якої дозволяє не лише встановити стан мікробіологічного складу ґрунту, але й зробити значний вплив на економічні процеси.

Мікроорганізми ґрунту відіграють ключову роль у процесах мінералізації органічних речовин, формуванні ґрунтової структури та підтримці родючості. Ці процеси сприяють здоровому росту рослин, що, в свою чергу, забезпечує численні екологічні та економічні вигоди. Наприклад, родючі ґрунти сприяють зниженню витрат на озеленення та підтримку парків і рекреаційних зон, оскільки вони забезпечують природне удобрення та покращують структуру ґрунту, що зменшує потребу в додаткових хімічних добривах та інших агротехнічних заходах.

Антропогенний тиск, який супроводжується індустріальним забрудненням, застосуванням хімічних речовин та рекреаційним навантаженням, негативно впливає на біорізноманіття та функціональність

грунтових мікроорганізмів. Проведення біодіагностики дозволяє своєчасно виявляти та усувати негативні впливи антропогенних факторів, таких як індустріальне забруднення, рекреаційне навантаження та застосування пестицидів і добрив. Це сприяє збереженню біорізноманіття та функціональної активності ґрунтових мікроорганізмів, що є основою для сталих екосистем. Зменшення негативного впливу на мікробіоту ґрунту допомагає уникнути довгострокових екологічних та економічних витрат, пов'язаних з деградацією ґрунтів та зниженням їх продуктивності.

Проведення біодіагностики дозволяє оперативно виявляти зони з підвищеним ризиком екологічного забруднення та вчасно приймати заходи щодо їх зменшення. Це сприяє збереженню екологічної стійкості ґрунтів, що важливо для підтримки стабільності природних екосистем та зменшення витрат на відновлення здорового стану ґрунтів. Крім того, ґрунти з активними біологічними процесами можуть поліпшити естетичний та рекреаційний потенціал міських зелених зон, що сприяє підвищенню привабливості міста для туристів та місцевих жителів. Це, в свою чергу, може призвести до збільшення доходів від туризму та підвищення якості життя громадян, що має позитивний економічний вплив.

Аналіз мікробіологічного складу ґрунту дозволяє визначити оптимальні методи застосування добрив та захисту рослин. Варто також зазначити, що проведення біодіагностики та подальші заходи з покращення екологічного стану ґрунтів можуть сприяти створенню нових робочих місць у сфері екологічного моніторингу, управління земельними ресурсами та екологічної освіти. Це відкриває додаткові можливості для економічного розвитку міста, зокрема через розвиток зеленої економіки та підвищення екологічної свідомості населення.

З розвитком міжнародної співпраці у сфері охорони навколишнього середовища зростає значення виконання міжнародних стандартів щодо якості ґрунтів. Проведення біодіагностики дозволяє виконувати вимоги щодо оцінки та моніторингу стану ґрунтів. Загальний аналіз впливу біодіагностики

на економічні процеси показує, що інвестування у вивчення та підтримку екологічного стану ґрунтів може мати значний позитивний економічний вплив через зменшення витрат на агрохімікати, забезпечення відповідності міжнародним стандартам якості ґрунтів.

Підсумовуючи можна сказати, що проведення біодіагностики екологічного стану ґрунтів у ландшафтно-рекреаційних зонах міста Дніпро не лише сприяє збереженню сталості біологічних процесів мікроорганізмів у ґрунті, але й має значні потенційні економічні переваги. Ці переваги включають зниження витрат на утримання зелених зон, запобігання деградації ґрунтів, підвищення туристичної привабливості міста та створення нових робочих місць у екологічному секторі. Впровадження біодіагностики є не лише екологічною необхідністю, але й ефективною стратегією для досягнення сталого розвитку екологічного сектору.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Охорона праці при відборі зразків ґрунту для досліджень

Під час відбору зразків ґрунту для досліджень особлива увага повинна приділятися питанням охорони праці. Відповідно до чинних нормативних документів, усі працівники, залучені до проведення польових робіт, повинні

пройти відповідне навчання з техніки безпеки та отримати інструктаж перед початком виконання робіт.

Перш за все, необхідно забезпечити працівників відповідним захисним одягом та обладнанням. До обов'язкових елементів захисного одягу належать робочі костюми, захисні рукавиці, міцне взуття, а за потреби - захисні окуляри та маски. Особливо важливо використовувати захисні засоби при роботі в умовах підвищеного ризику, таких як забруднені території або місця з високою концентрацією шкідливих речовин.

Відбір зразків ґрунту часто проводиться поблизу доріг та транспортних магістралей, що вимагає додаткових заходів безпеки. Працівники повинні бути забезпечені світловідбивними жилетами для підвищення видимості. Необхідно також дотримуватися правил дорожнього руху та встановити попереджувальні знаки на місцях проведення робіт.

Особливу увагу слід приділяти підготовці інструментів та обладнання для відбору зразків. Інструменти повинні бути справними та відповідати стандартам якості. Перед початком роботи необхідно перевірити стан бурів, лопат, контейнерів для зразків та інших засобів. Використання несправного обладнання може призвести до травм або некоректного відбору зразків, що вплине на результати досліджень [36].

У процесі відбору зразків необхідно дотримуватися правил ергономіки, щоб уникнути перевтоми та травм опорно-рухового апарату. Працювати слід з перервами, дотримуючись правил підйому та перенесення важких предметів. Це особливо важливо під час роботи з бурильними установками та при викопуванні ґрунту вручну [37].

Крім того, необхідно враховувати можливі біологічні ризики, пов'язані з наявністю у ґрунті патогенних мікроорганізмів, токсичних речовин або алергенів. Після завершення роботи працівники повинні ретельно мити руки та обличчя, а також дезінфікувати використані інструменти. Це допоможе запобігти потенційним інфекціям та забезпечити безпеку здоров'я працівників.

На завершення, всі відходи, що утворилися в процесі відбору зразків, повинні бути утилізовані згідно з екологічними нормами та вимогами. Використані захисні засоби, залишки ґрунту та інші матеріали слід збирати та утилізувати у визначених для цього місцях. Це не лише зменшує екологічний вплив, але й підвищує безпеку роботи [38].

У підсумку можна сказати, що дотримання вимог охорони праці під час відбору зразків ґрунту для досліджень є критично важливим для забезпечення безпеки працівників та точності отриманих результатів. Комплексний підхід до організації робіт та забезпечення відповідних умов праці сприяє ефективному виконанню завдань і збереженню здоров'я фахівців, залучених до досліджень.

4.2 Безпека при проведенні лабораторних робіт

Забезпечення безпеки при проведенні лабораторних робіт є важливим аспектом будь-якого наукового дослідження, включаючи біодіагностику екологічного стану ґрунтів. Відповідно до загальноприйнятих стандартів безпеки праці, таких як ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці» та інші, необхідно дотримуватися низки вимог і рекомендацій для забезпечення безпечних умов праці в лабораторії [39].

Перед початком лабораторних робіт всі працівники повинні пройти обов'язковий інструктаж з техніки безпеки. Це включає ознайомлення з правилами роботи з хімічними реагентами, біологічними матеріалами та лабораторним обладнанням. Особливу увагу слід приділити правилам поводження з токсичними і небезпечними речовинами, а також з обладнанням, яке працює під високим тиском або при високих температурах [40].

Захисний одяг є обов'язковим елементом для працівників лабораторії. До стандартного набору захисних засобів входять лабораторні халати, захисні окуляри, рукавиці та, за потреби, маски або респіратори. Використання захисного одягу допомагає запобігти контакту з небезпечними речовинами та знижує ризик травм і опіків.

Робочі місця в лабораторії повинні бути обладнані відповідно до вимог стандартів безпеки праці. Згідно з ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008, робочі зони повинні мати достатнє освітлення, вентиляцію та бути оснащені первинними засобами пожежогасіння. Всі хімічні реагенти та біологічні матеріали повинні зберігатися в спеціальних контейнерах або шафах, що забезпечують їхню безпеку та запобігають розливам [41].

При роботі з мікроорганізмами, які можуть бути патогенними, необхідно дотримуватися правил біобезпеки. Лабораторії повинні мати спеціально обладнані зони для роботи з такими матеріалами, а персонал повинен використовувати додаткові засоби захисту, такі як біобокси або ламінарні шафи. Після завершення робіт усі використані матеріали та інструменти повинні бути ретельно дезінфіковані або утилізовані відповідно до встановлених процедур.

Під час виконання лабораторних досліджень необхідно дотримуватися принципу мінімізації ризиків. Це включає використання мінімальної необхідної кількості реагентів та біологічних матеріалів, обмеження часу контакту з небезпечними речовинами та уникнення небезпечних експериментальних умов. Всі відходи, що утворюються в процесі лабораторних робіт, повинні бути утилізовані згідно з вимогами екологічної безпеки [42].

Для забезпечення безпеки працівників лабораторії важливо також проводити регулярні тренування та перевірки знань з техніки безпеки. Це допомагає підтримувати високий рівень обізнаності про потенційні ризики та методи їхнього запобігання. Такі тренування повинні включати симуляції аварійних ситуацій та відпрацювання дій у разі надзвичайних подій [43].

Таким чином, дотримання вимог охорони праці при проведенні лабораторних робіт є критично важливим для забезпечення безпеки працівників і точності наукових досліджень. Впровадження стандартів ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 та інших нормативних документів дозволяє створити безпечні та ефективні умови праці, що є основою для успішного виконання наукових завдань та збереження здоров'я персоналу.

4.3 Оцінка потенційних ризиків при проведенні досліджень

Оцінка потенційних ризиків при проведенні досліджень є невід'ємною частиною забезпечення безпеки та ефективності наукових робіт, зокрема при біодіагностиці екологічного стану ґрунтів. Відповідно до загальноприйнятих стандартів безпеки праці, таких як ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці», а також інших міжнародних та національних нормативних документів, необхідно ретельно ідентифікувати, оцінювати та мінімізувати потенційні ризики, пов'язані з проведенням досліджень.

Перш за все, важливо виявити хімічні, біологічні та фізичні ризики, які можуть виникнути в процесі досліджень. Хімічні ризики включають можливість контакту з токсичними або небезпечними речовинами, що можуть спричинити отруєння, опіки або інші ушкодження. Для мінімізації цих ризиків необхідно забезпечити належне зберігання та поводження з хімічними реагентами, використовуючи захисний одяг та обладнання, а також проводити роботи в витяжних шафах або під ламінарними потоками.

Біологічні ризики пов'язані з можливим контактом з патогенними мікроорганізмами або біологічними матеріалами, які можуть спричинити інфекційні захворювання. Відповідно до вимог стандартів біобезпеки, такі як ГОСТ 12.1.019-79 «ССБТ. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту», необхідно забезпечити роботу з потенційно

небезпечними біологічними агентами в спеціально обладнаних лабораторіях, використовуючи додаткові засоби захисту, такі як біобокси або ламінарні шафи. Після завершення робіт всі біологічні матеріали повинні бути належним чином дезінфіковані або утилізовані [44].

Фізичні ризики можуть включати механічні ушкодження, опіки від гарячих поверхонь або електричний шок від лабораторного обладнання. Для запобігання цим ризикам необхідно забезпечити належне технічне обслуговування та перевірку обладнання, а також дотримуватися правил безпеки при роботі з електричними та механічними приладами. Використання захисного одягу та дотримання правил поведінки в лабораторії є обов'язковими вимогами.

Крім того, важливо враховувати ергономічні ризики, пов'язані з тривалим перебуванням в незручних позах або виконанням повторюваних рухів. Для зменшення таких ризиків необхідно забезпечити зручні робочі місця, регульовані по висоті столи та стільці, а також проводити регулярні перерви для відпочинку та зміни діяльності.

Особливу увагу слід приділити ризикам, пов'язаним з надзвичайними ситуаціями, такими як пожежі, витоки хімічних речовин або біологічних агентів. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги», всі лабораторії повинні бути оснащені первинними засобами пожежогасіння, системами оповіщення та евакуації, а також мати чітко визначені плани дій на випадок надзвичайних ситуацій [45].

Оцінка потенційних ризиків повинна бути систематичною та безперервною, включаючи регулярні інспекції та оновлення процедур безпеки. Виконання цих вимог забезпечить захист здоров'я і безпеку працівників, а також підвищить ефективність та надійність наукових досліджень. Впровадження стандартів ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 та інших нормативних документів створює основу для сталого та безпечного проведення лабораторних робіт, що є ключовим фактором для досягнення високих результатів у науковій діяльності.

4.4 Організація безпечного робочого процесу під час проведення досліджень

Організація безпечного робочого процесу під час проведення досліджень є критично важливою для забезпечення здоров'я та безпеки працівників, а також для підвищення ефективності та якості наукової діяльності. Відповідно до загальноприйнятих стандартів безпеки праці, таких як ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці. Системи управління охороною праці. Загальні вимоги» (ГОСТ 12.0.230-2007, IDT), необхідно впроваджувати комплексні заходи, що охоплюють всі аспекти організації робочого процесу [46].

Перш за все, слід забезпечити належне планування робочого простору. Лабораторії та робочі місця повинні бути обладнані таким чином, щоб мінімізувати ризики травмування та забезпечити зручний доступ до всіх необхідних матеріалів та обладнання. Розташування меблів та приладів повинно відповідати ергономічним вимогам, що сприяє зменшенню фізичних навантажень на працівників та запобігає виникненню професійних захворювань.

Особливу увагу слід приділити вентиляції та освітленню робочих місць. Відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони», необхідно забезпечити достатній рівень природного та штучного освітлення, а також ефективну вентиляцію, що сприяє видаленню шкідливих речовин з робочої зони. Це не тільки покращує комфортні умови праці, але й знижує ризик впливу небезпечних хімічних речовин на організм працівників [47].

Важливим аспектом є також навчання та інструктаж персоналу. Всі працівники повинні бути добре обізнані з правилами безпеки, методами

надання першої допомоги та діями у разі надзвичайних ситуацій. Проведення регулярних тренінгів та інструктажів дозволяє підтримувати високий рівень обізнаності та готовності до дій в екстремальних умовах. Згідно з ДСТУ ГОСТ 12.0.004-90 «ССБТ. Організація навчання безпеки праці. загальні положення», навчання з питань охорони праці повинно бути систематичним та включати як теоретичні, так і практичні аспекти [48].

Крім того, необхідно забезпечувати наявність та доступність засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Це включає захисні рукавички, окуляри, маски, халати та інші засоби, що запобігають контакту з небезпечними речовинами та знижують ризик механічних ушкоджень. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Засоби захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація», ЗІЗ повинні відповідати встановленим стандартам якості та забезпечувати максимальний рівень захисту [49].

Для організації безпечного робочого процесу також важливо забезпечувати регулярний контроль за станом обладнання та умовами праці. Проведення планових інспекцій та перевірок дозволяє вчасно виявляти та усувати потенційні небезпеки, що значно знижує ризик нещасних випадків. Відповідно до ДСТУ 12.0.230:2008, системи управління охороною праці повинні включати механізми моніторингу та оцінки ризиків, що сприяє безперервному покращенню умов праці [50].

Організація безпечного робочого процесу під час проведення досліджень є комплексним завданням, що потребує системного підходу та дотримання стандартів безпеки праці. Впровадження заходів з планування робочого простору, забезпечення вентиляції та освітлення, навчання персоналу, використання засобів індивідуального захисту та регулярного контролю за умовами праці створює передумови для безпечної та ефективної наукової діяльності [51].

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження з біодіагностики екологічного стану ґрунтів у ландшафтно-рекреаційних зонах міста Дніпро виявили низку важливих закономірностей та аспектів, що мають суттєве значення для розуміння екологічних процесів у ґрунтових екосистемах міських територій. Основною метою дослідження було визначення впливу антропогенного навантаження на мікробіологічний склад ґрунтів та їх біологічну активність. Результати показали, що інтенсивний вплив людини негативно впливає на чисельність та

різноманітність ґрунтових мікроорганізмів, що, у свою чергу, порушує природні цикли трансформації органічних речовин та знижує родючість ґрунтів.

Вивчення різних ділянок показало, що природні екосистеми, які мають меншу антропогенну навантаженість, забезпечують кращі умови для розвитку мікроорганізмів та підтримання біологічних процесів у ґрунті. Це підтверджує висновок про необхідність зменшення антропогенного впливу та проведення заходів з відновлення та збереження природних екосистем у міських зонах.

Методи дослідження, які включали стандартизований відбір проб ґрунту та аналіз мікробного складу, дозволили отримати детальну картину стану ґрунтів у різних екосистемах міста Дніпро. Виявлено, що природні фактори, такі як річка Дніпро та рослинність, значно впливають на екологічний стан ґрунтів, однак антропогенне навантаження залишається домінуючим чинником, що впливає на їхній стан.

Для поліпшення стану ґрунтів пропонується:

1. Зниження впливу антропогенної діяльності на ґрунти, яке можна досягти через обмеження транспортного та пішохідного руху в критичних зонах, встановлення захисних зон навколо природних ділянок та впровадження екологічно чистих технологій в міському господарстві.

2. Відновлення природних екосистем, оскільки важливо створювати та підтримувати зелені зони, які імітують природні екосистеми, що сприяє збереженню біологічного різноманіття та підтримці природних процесів у ґрунтах.

3. Регулярний екологічний моніторинг ґрунтів дозволить своєчасно виявляти зміни в їхньому стані та впроваджувати необхідні заходи для їх поліпшення. Важливо також здійснювати контроль за виконанням екологічних норм та стандартів.

4. хімічних добрив на органічні сприятиме поліпшенню стану ґрунтів, підвищенню їх родючості та збереженню мікробіологічної активності.

Органічні добрива підтримують природні процеси мінералізації та формування ґрунтової структури.

5. Підвищення екологічної свідомості населення через освітні програми та кампанії допоможе зменшити негативний вплив на ґрунти та сприятиме збереженню навколишнього середовища. Залучення громадськості до заходів з відновлення та догляду за зеленими зонами також є важливим аспектом.

6. Підтримка інноваційних проєктів, спрямованих на поліпшення стану ґрунтів, таких як створення екопарків, впровадження систем збору та переробки органічних відходів, а також використання сучасних методів біоремедіації для очищення забруднених ґрунтів.

Запровадження цих заходів сприятиме покращенню екологічного стану ґрунтів у ландшафтно-рекреаційних зонах міста Дніпро, збереженню їхньої родючості та підтримці стабільності екосистем, що є критично важливим для сталого розвитку міської інфраструктури та підвищення якості життя населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Degree of urbanization and vegetation type shape soil biodiversity in city parks; Haifeng Yao, Zhipeng Li, Stefan Geisen, Zhihong Qiao, Martin F. Breed, Xin Sun; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166437>
2. The role of urban parks for the sustainable city; Anna Chiesura; <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003>
3. <https://www.miracle-recreation.com/blog/benefits-of-parks-in-your-community/?lang=can>
4. <https://www.meteorologiaenred.com/uk/>

5. Soil microbial responses to multipollutant exposures in megacity's parks of Beijing; Yajing Qu, Jin Ma, Ying Chen, Wenhao Zhao, Yi Sun, Zilun Gou, Fengchang; <https://doi.org/10.1016/j.seh.2024.100079>

6. Selection of soil health indicators for modelling soil functions to promote smart urban planning.

Geoffroy Séré, Cécile Le Guern, Antonio Bisp, Clément Layet, Christophe Ducommun, Margaux Clesse, Christophe Schwartz, Laure Vidal-Beaudet.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171347>

7. Biodiversity, and biotechnological contribution of beneficial soil microbiomes for nutrient cycling, plant growth improvement and nutrient uptake.

Ajar Nath Yadav , Divjot Kour a, Tanveer Kaur, Rubee Devi , Ashok Yadav , Murat Dikilitas , Ahmed M. Abdel-Azeem , Amrik Singh Ahluwalia , Anil Kumar Saxena

<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102009>

8. Urban soil microbiome: Activity, diversity and functioning; Maria Korneykova, Ekaterina Kozlova, Kristina Ivashchenko, Maria Vasilieva, Viacheslav Vasenev; <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00266-4>

9. Micronutrient–microbiome interplay: a critical regulator of soil–plant health; Muhammad Noman, Temoor Ahmed, Jiaoyu Wang , Jason C. White <https://doi.org/10.1016/j.tim.2024.02.008>

10. Artificial light at night triggers negative impacts on nutrients cycling and plant health regulated by soil microbiome in urban ecosystems.

Xiao-Min Li , Shun Li , Fu-Yi Huang, Zhe Wang , Zhao-Yang Zhang , Song-Can Chen , Yong-Guan Zhu , <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116547>

11. Responses of soil total microbial biomass and community compositions to rainfall reductions.

Chengjie Ren, Ji Chen, Xingjie Lu, Russell Doughty, Fazhu Zhao, Zekun Zhong, Xinhui Han, Gaihe Yang, Yongzhong Feng, Guangxin Ren.

<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.028>

12. Climate and edaphic factors drive soil nematode diversity and community composition in urban ecosystems; Xin Gong, Xin Sun, Madhav P. Thakur, Zhihong Qiao, Haifeng Yao, Manqiang Liu, Stefan Scheu, Yong-Guan Zhu.

<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109010>

13. Challenges and Opportunities for Soil Biodiversity in the Anthropocene. Stefan Geisen, Diana H. Wall ,Wim H. Van der Putten

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.007>

14. Microbial response to Nature-Based Solutions in urban soils: A comprehensive analysis using Biolog® EcoPlates™; Magdalena Urbaniak, Elżbieta Mierzejewska-Sinner, Agnieszka Bednarek, Kinga Krauze, Renata Włodarczyk-Marciniak; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172360>

15. Changes in soil microbial diversity under present land degradation scenario.

Mahima Dixit, Debabrata Ghoshal, Amrit Lal Meena, P.C. Ghasal , Ashutosh Kumar Rai, Jairam Choudhary, Debashis Dutta.

<https://doi.org/10.1016/j.teadva.2024.200104>

16. Correlation between microbial communities and volatile organic compounds in an urban soil provides clues on soil quality towards sustainability of city flowerbeds.

Fabiano Sillo, Luisa Neri, Alice Calvo ,Elisa Zampieri,Giannantonio Petruzzelli ,Irene Ferraris ,Massimo Delledonne ,Alessandro Zaldei ,Beniamino Gioli,Rita Baraldi ,Raffaella Balestrini.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23594>

17. Exploring the relationship between metal(loid) contamination rate, physicochemical conditions, and microbial community dynamics in industrially contaminated urban soils.

Gorkhmaz Abbaszade, Marwene Toumi ,Rózsa Farkas ,Balázs Vajna ,Gergely Krett ,Péter Dobosy ,Szabó Csaba ,Erika Tóth.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166094>

18. A global meta-analysis of radiological in soils and Monte Carlo simulation-oriented hazards evaluation.

Ram Proshad, Krishno Chandra,Pritom Bhowmik Akash ,SM Asharaful Abedin Asha ,Shakhboz Khasanov,Artho Baroi ,Zhuanjun Zhao,Khalid A. Ibrahim ,Abubakr M. Idris. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111603>

19. Influence of land use on the microbiological properties of urban soils.
M. Gómez-Brandón, C. Herbón, M. Probst, F. Fornasier, M.T. Barral, R. Paradelo. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104452>

20. Threats to the soil microbiome from nanomaterials: A global meta and machine-learning analysis.

Sensen Chen, Ying Teng ,Yongming Luo,Eiko Kuramae,Wenjie Ren
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109248>

21. Stronger impacts of long-term relative to short-term exposure to carbon nanomaterials on soil bacterial communities.

Fan Wu, Shuo Jiao, Jing Hu, Xinyi Wu, Bin Wang, Guofeng Shen, Yu Yang, Shu Tao, Xilong Wang; <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124550>

22. Effects of different sizes of microplastic particles on soil respiration, enzyme activities, microbial communities, and seed germination.

Bo Gao, Fuyun Gao, Xingfeng Zhang, Yaying Li , Huaiying Yao
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173100>

23. Role of microplastics in microbial community structure and functions in urban soils; Yujie Zhou, Shenglu Zhou
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132141>

24. The soil pH and heavy metals revealed their impact on soil microbial community. Misbah Naz, Zhicong Dai, Sajid Hussain, Muhammad Tariq, Subhan

Danish, Irfan Ullah Khan, Shanshan Qi, Daolin Du.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115770>

25. _Мельничук Р.С. «Екологічні аспекти деградації чорноземів у міських умовах.» – Київ, 2021.
26. Miller S. Microbial Processes in Urban Soils: Adaptation Mechanisms and Environmental Implications. – Wiley, 2020.
27. Шевченко Г.С. «Вплив антропогенного забруднення на мікробіом ґрунтів». – Дніпро, 2023.
28. Савченко «А.І. «Особливості аеробної активності мікроорганізмів у різних екосистемах міських територій.» – Одеса, 2020.
29. Павленко І.П. «Характеристика мікробіому алювіально-делювіальних відкладів»– Запоріжжя, 2021.
30. Ковальчук О.В. «Екологічна стабільність і біорізноманіття міських ландшафтів». – Харків, 2022.
31. Бондаренко Ю.І. «Вплив садівництва на мікробіом ґрунтів.» – Київ, 2020.
32. Кривенко І.П. «Фізико-хімічні властивості ґрунтів міста Дніпро та їх вплив на розвиток рослинності.» – Львів, 2023.
33. Марченко В.Т. «Динаміка зміни гумусового складу ґрунтів у різних природних і урбанізованих умовах.» – Київ, 2022.
34. Garcia C. Urbanization Effects on Soil Microbial Ecology: Challenges and Opportunities for Sustainable Urban Development. – Elsevier, 2022.
35. ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту»
36. Семенова Г.П. «Захисний одяг та обладнання для працівників під час польових робіт». – УкрНаука, 2022
37. Михайленко А.О. «Біологічні ризики під час роботи з ґрунтом: заходи безпеки.» – Наукова думка, 2018
38. Шевченко Л.І. «Утилізація відходів після відбору зразків ґрунту: екологічні аспекти.» – Львівський державний університет, 2021

39. Іваненко О.П. Охорона праці в лабораторіях: норми та практика. – Київський університет, 2023.
40. Петренко В.М. Біобезпека в лабораторній практиці. – УкрНаука, 2022.
41. Сидоренко Л.І. Стандарти безпеки праці в наукових установах. – Львівський державний університет, 2021.
42. Гриценко О.В. Екологічна безпека при лабораторних дослідженнях. – Наукова думка, 2023.
43. Ковальчук Л.П. Методи та засоби захисту в лабораторіях. – Дніпровський національний університет, 2022.
44. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. «Електронебезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту.»
45. ДСТУ ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги.»
46. ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці. Системи управління охороною праці. Загальні вимоги.»
47. ДСТУ ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.»
48. ДСТУ ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Засоби захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація.»
49. ДСТУ 4362:2004 «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів.»
50. «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. ДСТУ 4362:2004.» – К., 2006. – 12 с.
51. «Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги.» ДСТУ 7748:2015