НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) захисту рослин, біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО	**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**
Декан факультету/Директор ННІ	**Завідувач кафедри**
Юлія КОЛОМІЄЦЬ	**Олена НАУМОВСЬКА**
(підпис)	(підпис)
«___» _____ 2026_ р.	«___» _____ 2026_ р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему : «Екологічний моніторинг наземних екосистем парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Межигір'я»»

Спеціальність «101 Екологія»

Освітньо-професійна програма «Екологія»

Гарант освітньої програми
доктор педагогічних наук, професор _____ **Володимир БОГОЛЮБОВ**
(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи
канд. с-г наук., доцент _____ **Олена НАУМОВСЬКА**
(підпис)

Виконала _____ **Єлизавета ЧЕРНИШ**
(підпис)

Київ - 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
екології агросфери та екологічного контролю
канд. с.-г. наук, доцент _____Олена НАУМОВСЬКА
«____» _____2026 р.

ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Черниш Єлизаветі Анатоліївни
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 101 «Екологія»
Освітньо-професійна програма «Екологія»
Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи **«Екологічний моніторинг наземних екосистем парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Межигір'я»»**

затверджена наказом від «_27_» 10_2025 р. №2537 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру «_30_» травня 2026 р.
Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:
оформлення роботи відповідно до діючого «Положення про виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи», а роботу оформити у вигляді таблиць, графіків, фотографій.
Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Оцінити стан дерев за умовами їх ротсу аналізуючи їх життєздатність та світловий режим
2. Визначити потенційну токсичність ґрунту для інтегральної оцінки його екологічного стану
3. Оцінити фізико-хімічні параметри ґрунту(вологість та pH)
4. Розробити практичні рекомендації щодо стабілізації, рекультивації та покращення стану наземних екосистем.

Перелік графічних документів (за необхідності).
Дата видачі завдання «30» червня 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ **Олена НАУМОВСЬКА**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання взяла до виконання _____ **Єлизавета ЧЕРНИШ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему «Екологічний моніторинг наземних екосистем парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва «Межигір’я»» Бакалаврська дипломна робота виконана на 51 сторінках друкованого комп’ютерного тексту та містить вступ, три розділи, висновки, 10 рисунків і 7 таблиць, 7 формул, додаток. Перелік використаних джерел літератури та інтернет посилань становить 43 найменувань.

Мета роботи оцінити сучасний екологічний стан наземних екосистем парку-пам’ятки «Межигір’я» в умовах інтенсивного антропогенного навантаження та розробка науково обґрунтованих рекомендації щодо їх збереження.

Об’єктом досліджень були наземні екосистеми парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва «Межигір’я».

Предметом досліджень була оцінка сучасного екологічного стану та ключових компонентів наземних екосистем (деревних насаджень, ґрунтів).

У результаті досліджень встановлено, що ділянка 1(п**оле для гольфу)** має насадження молодих кленів, які ростуть нормально за відносно освітленість 85–90%. Кислотність землі нейтральна (6,85), вологість становить 17,6% завдяки поливу. Через добрива й хімікати для трави субстрат має середню токсичність. Рекомендовано зменшити кількість пестицидів і регулярно аерувати дернину. Ділянка 2 (Фазанарій) має сильно пересушений ґрунт (вологість 11,4%) та pH=5,12 та надзвичайно токсичний. Схожість насіння = 32%.. Берези повністю всохли (VI категорія). Необхідно зрізати сухостій, розпушити землю й обробити її біопрепаратами. На ділянці 3(Ракове озеро) дерева відповідають задовільній оцінці. Через щільні крони та рельєф тут помітна тінь (28,3% від відкритого сонця). Вологість найвища – 28,4%, ґрунт має середню токсичність.

Перелік ключових слів: ҐРУНТИ, ТОКСИЧНІСТЬ, БІОТЕСТУВАННЯ, РН, ВОЛОГІСТЬ ҐРУНТ, МОНІТОРИНГ, ДЕРЕВНІ НАСАДЖЕННЯ, НАЗЕМНІ ЕКОСИСТЕМИ.

ЗМІСТ

ВСТУП……5
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД..... 7
1.1. Поняття екологічного моніторингу та його значення для охорони довкілля 7
1.2. Парки-пам’ятки садово-паркового мистецтва як об’єкти природно-заповідного фонду України..... 9
1.3. Характеристика парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір’я» 10
1.4. Оцінка санітарного стану деревних насаджень 13
1.5. Методи оцінки фізико-хімічних параметрів ґрунтів..... 15
1.6. Біотестування як метод визначення екологічного стану ґрунтів..... 17
1.7. Вплив антропогенного та рекреаційного навантаження на екосистеми парків..... 19
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ 22
2.1. Загальна характеристика об’єкта та району дослідження 22
2.2. Вибір та опис дослідних ділянок..... 23
2.3. Методика оцінки санітарного стану деревних насаджень..... 25
2.4. Інструментальне вимірювання освітленості 27
2.5. Методика відбору проб ґрунту 28
2.6. Визначення вологості ґрунту (ДСТУ ISO 11465:2001)..... 30
2.7. Визначення pH ґрунту (ДСТУ ISO 10390:2022) 32
2.8. Методика біотестування ґрунтів за допомогою крес-салату 33
2.9. Визначення якості насіннєвого матеріалу..... 36
2.10. Статистична обробка результатів..... 37
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ «МЕЖИГІР'Я»..... 39
3.1. Оцінка санітарного стану та світлового режиму деревних насаджень.. 39
3.2. Фізико-хімічна характеристика ґрунтового покриву дослідних ділянок 44
3.3. Інтегральна оцінка токсичності ґрунтів за результатами біотестування 47
3.4. Комплексний аналіз впливу різних типів антропогенного навантаження на екосистеми парку 52
ВИСНОВКИ 54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТРАТУРИ 57

ВСТУП

Об'єкти природно-заповідного фонду, особливо парки-пам’ятки садово-паркового мистецтва, виконують важливу екологічну, естетичну та рекреаційну роль. «Межигір’я» офіційно входить до європейської Смарагдової мережі та отримав статус пам’ятки загальнодержавного значення у 2023 році, що підкреслило необхідність збереження його унікальних ландшафтів [29, 30]. Проте інтенсивний потік відвідувачів, розвиток інфраструктури, утримання великої кількості тварин та специфічний догляд за декоративними зонами (наприклад, спортивними газонами) створюють серйозне антропогенне навантаження.

Найбільш вразливими елементами паркових екосистем є деревні насадження та ґрунтовий покрив. Постійне витоптування, хімізація субстратів через використання добрив, а також локальний зоогенний пресинг у місцях утримання птахів призводять до деградації едафотопу та всихання дерев. Для вчасного виявлення цих негативних процесів та розробки планів відновлення території необхідний постійний екологічний моніторинг [3, 42]. Використання експрес-методів, зокрема біотестування ґрунтів та оцінки світлового режиму й життєздатності деревостану, дозволяє оперативно отримати об'єктивну картину екологічного стану парку, що й зумовлює актуальність цього дослідження.

Мета дослідження полягає в оцінці сучасного екологічного стану наземних екосистем парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва «Межигір’я» в умовах інтенсивного антропогенного навантаження та розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо їх збереження й відновлення.

Для досягнення поставленої мети перед нами були поставлені такі завдання:

1. Оцінити стан дерев за умовами їх ротсу аналізуючи їх життєздатність та світловий режим

2. Визначити потенційну токсичність ґрунту для інтегральної оцінки його екологічного стану
3. Оцінити фізико-хімічні параметри ґрунту(вологість та pH)
4. Розробити практичні рекомендації щодо стабілізації, рекультивації та покращення стану наземних екосистем.

Об’єкт дослідження: наземні екосистеми парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва «Межигір’я».

Предмет дослідження: оцінка сучасного екологічного стану та ключових компонентів наземних екосистем (деревних насаджень, ґрунтів).

Методи дослідження: польові (маршрутно-візуальні, метод пробних площ для оцінки категорії стану дерев), інструментальні (люксометрія для аналізу освітленості), лабораторні (гравіметричний метод визначення вологості ґрунту, потенціометричний метод вимірювання pH), біологічні (метод біотестування з використанням *Lepidium sativum* L.) та математично-статистичні методи обробки отриманих даних.

Наукова новизна полягає у комплексній оцінці щодо сучасного стану н в умовах сучасного використання території «Межигір’я». Вперше детально доведено екстремальний рівень фітотоксичності субстратів у зоогенних зонах парку (фазанаріях) та пов'язану з цим деградацію деревного ярусу. Отримано нові дані щодо світлового режиму прибережних зон під впливом замикання крон інтродукованих видів.

Практичне значення полягає у формовані рекомендації щодо рекультивації токсичних ґрунтів біопрепаратами, аерації дернини та регулювання рекреаційних потоків можуть бути використані адміністрацією парку-пам'ятки «Межигір’я» для оптимізації господарської діяльності. Результати досліджень також можуть слугувати основою для розширення програми локального екологічного моніторингу об'єктів Київщини.

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Поняття екологічного моніторингу та його значення для охорони довкілля

Екологічний моніторинг є одним із ключових інструментів оцінки стану навколишнього природного середовища та прогнозування його змін під впливом антропогенних і природних факторів. Термін «моніторинг» походить від латинського слова «monitor», що означає «спостерігач» або «попереджувач», і передбачає систематичне спостереження за станом компонентів довкілля з метою отримання об’єктивної інформації для прийняття управлінських рішень.

Згідно із Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991), моніторинг довкілля визначається як система спостережень, збирання, обробки, передачі, зберігання та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки [34]. Ця система є невід’ємною складовою екологічної політики держави та забезпечує інформаційну основу для прийняття ефективних управлінських рішень.

Державна система моніторингу довкілля (ДСМД) в Україні функціонує відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» [32]. Ця система охоплює спостереження за станом атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтів, біологічного різноманіття, радіаційного фону та інших компонентів довкілля. Основними завданнями ДСМД є проведення систематичних спостережень, створення та ведення банків даних, аналіз інформації та інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень з питань охорони довкілля [32].

Екологічний моніторинг поділяється на кілька рівнів залежно від масштабу та об’єктів спостереження. Виділяють глобальний (біосферний), національний (державний), регіональний та локальний рівні моніторингу. Для об’єктів природно-заповідного фонду найбільш актуальним є локальний моніторинг, який дозволяє відстежувати зміни стану конкретних екосистем під впливом місцевих антропогенних і природних факторів.

За об’єктами спостереження екологічний моніторинг класифікують на моніторинг атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтового покриву, біологічного різноманіття, лісових ресурсів тощо. Комплексний підхід до моніторингу передбачає одночасне дослідження кількох компонентів екосистеми, що дає змогу отримати цілісну картину її екологічного стану та виявити причинно-наслідкові зв’язки між різними процесами деградації.

Фоновий екологічний моніторинг, що проводиться на територіях природно-заповідного фонду, має особливе значення, оскільки саме ці території є еталонними ділянками для порівняння з антропогенно зміненими екосистемами [4]. Результати такого моніторингу дозволяють оцінити ступінь впливу діяльності людини на природні комплекси та розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо їх збереження та відновлення.

Сучасний екологічний моніторинг базується на використанні широкого спектру методів дослідження, серед яких фізико-хімічні, біологічні, геоінформаційні та дистанційні методи. Інтеграція різних підходів забезпечує отримання комплексної та достовірної інформації про стан екосистем. Особливого значення набувають методи біоіндикації та біотестування, які дозволяють оцінити сукупний вплив забруднювачів на живі організми та екосистеми в цілому [15].

Важливим аспектом екологічного моніторингу є дотримання стандартизованих методик відбору та аналізу зразків, що забезпечує порівнюваність результатів досліджень, проведених у різний час та різними дослідниками. В Україні для цього використовуються як національні

стандарти (ДСТУ), так і гармонізовані з міжнародними стандарти ISO, зокрема у сфері якості ґрунтів [11].

1.2. Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва як об'єкти природно-заповідного фонду України

Природно-заповідний фонд (ПЗФ) України є національним надбанням і важливим елементом системи охорони навколишнього природного середовища. Відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України» (1992), до складу ПЗФ входять природні території та об'єкти різних категорій, серед яких виділяють як природні, так і штучно створені об'єкти [35]. До останніх належать і парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, що є найвизначнішими та найціннішими зразками паркового будівництва.

Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва створюються з метою охорони і використання в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних та оздоровчих цілях [35]. Згідно зі статтею 3 зазначеного Закону, ці об'єкти належать до групи штучно створених об'єктів ПЗФ, що вирізняє їх з-поміж інших категорій заповідних територій, переважна більшість яких охоплює природні, не змінені або малозмінені діяльністю людини ландшафти.

За значенням парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва поділяються на об'єкти загальнодержавного та місцевого значення [30]. Парки-пам'ятки загальнодержавного значення створюються за рішенням Верховної Ради України або Кабінету Міністрів України, тоді як місцевого значення – за рішенням обласних або міських рад. Незалежно від статусу, усі парки-пам'ятки охороняються як національне надбання, щодо якого встановлюється особливий режим охорони, відтворення та використання.

Правовий режим парків-пам'яток садово-паркового мистецтва визначається статтями 37 та 38 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» [35]. На їх територіях забороняється будь-яка діяльність, що може призвести до порушення або знищення рослинності, зниження

естетичної цінності території, а також інші дії, що суперечать цілям створення парку-пам’ятки. Дозволяється проведення наукових досліджень, рекреаційне використання відповідно до встановлених правил, а також здійснення заходів з догляду та відновлення насаджень.

Станом на сьогодні в Україні налічується понад 500 парків-пам’яток садово-паркового мистецтва різних рівнів значення [6]. Серед найвідоміших та найцінніших об’єктів цієї категорії можна виділити «Софіївку» (Черкаська обл.), «Олександрію» (Біла Церква), дендропарк «Тростянець» (Чернігівська обл.), «Пілявський парк» (Хмельницька обл.) та інші. Кожен із цих об’єктів має унікальну історію створення, своєрідну планувальну структуру та цінний видовий склад рослинності.

Проблема збереження парків-пам’яток є надзвичайно актуальною в умовах сучасних екологічних викликів. Як свідчать дослідження, через відсутність систематичного догляду санітарний стан насаджень багатьох парків є незадовільним, а самовільні несанкціоновані рубки ослаблюють паркові екосистеми [24]. Крім того, негативний вплив на стан парків чинять забруднення атмосферного повітря, зміни гідрологічного режиму, інвазія чужорідних видів рослин та збільшення рекреаційного навантаження [14].

Для ефективного управління парками-пам’ятками та забезпечення їх довгострокового збереження необхідним є впровадження системи регулярного екологічного моніторингу, що включає оцінку стану деревних насаджень, ґрунтового покриву, водних об’єктів та біорізноманіття [4]. Результати моніторингу мають бути покладені в основу розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо догляду за насадженнями, відновлення деградованих ділянок та регулювання антропогенного навантаження на територію парку.

1.3. Характеристика парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір’я»

Парк-пам’ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір’я» розташований у Вишгородському районі Київської області, поблизу села Нові Петрівці, на правому березі Дніпра (Київського водосховища). Територія парку-пам’ятки займає площу 138,6 га земель державної власності та є одним із наймолодших об’єктів природно-заповідного фонду України [36].

Створення парку-пам’ятки «Межигір’я» стало можливим завдяки прийняттю Верховною Радою України 14 липня 2023 року Закону України «Про створення парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір’я»» (№ 3264-IX). Закон набрав чинності 24 серпня 2023 року, а офіційне відкриття парку для відвідувачів відбулося у вересні 2024 року [29]. Діяльність парку-пам’ятки координується Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України.

Історія цієї місцевості тісно пов’язана з історією Київської Русі. Назва «Межигір’я» походить від географічного розташування – між горами, на мальовничих пагорбах правого берега Дніпра. Протягом століть тут існував Межигірський монастир, заснований у XIV столітті. У XX та на початку XXI століття територія зазнала кількох трансформацій, що суттєво вплинули на її ландшафтний та екологічний стан [22].

Природні умови території «Межигір’я» визначаються її розташуванням у зоні мішаних лісів Правобережного Полісся, на межі з лісостеповою зоною. Рельєф характеризується хвилястою поверхнею з перепадами висот, наявністю ярів та балок, що створює різноманітні мікрокліматичні умови для розвитку рослинності [26]. Близькість до Київського водосховища зумовлює підвищену вологість повітря та специфічний гідрологічний режим ґрунтів.

Ґрунтовий покрив території переважно представлений дерново-підзолистими ґрунтами, характерними для даної фізико-географічної зони. Ці ґрунти формуються під впливом підзолистого та дернового процесів ґрунтоутворення, мають слабокислу реакцію середовища, нормальне вологозабезпечення та помірний вміст органічної речовини [28]. На окремих

ділянках, зокрема поблизу водойм, можуть зустрічатися лучні та болотні ґрунти (рис. 1.1).

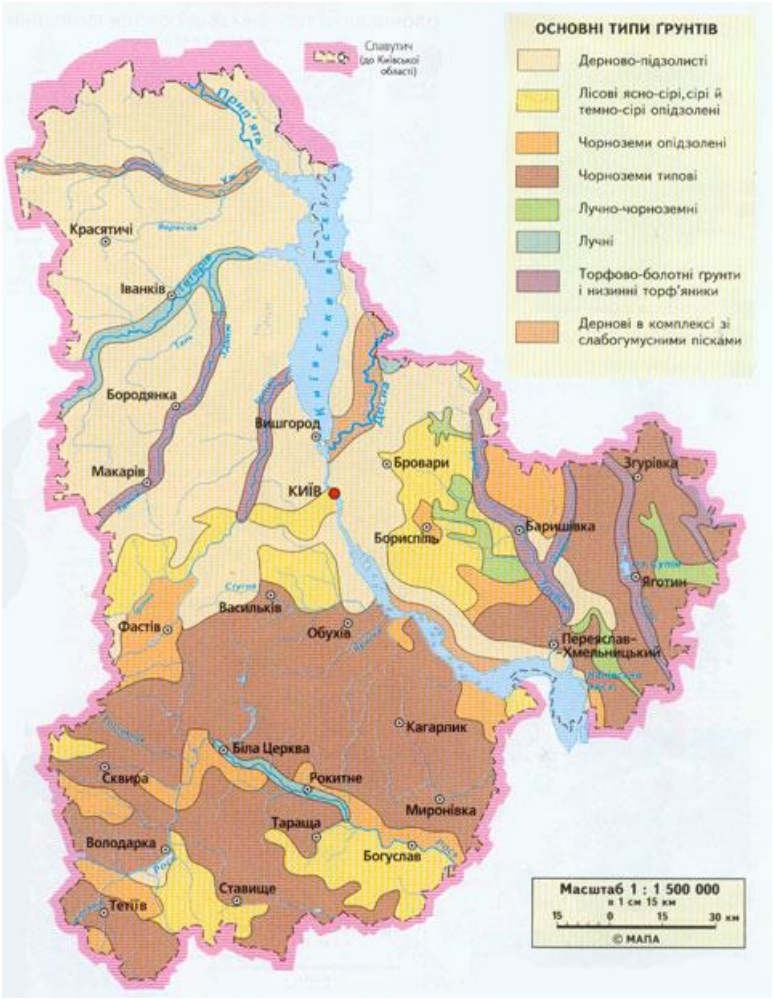

Рис.1.1 Карта ґрунтів Київської області [27]

Рослинний покрив парку-пам’ятки характеризується значним видовим різноманіттям і включає як аборигенні, так і інтродуковані види рослин. Деревний ярус представлений такими породами, як дуб звичайний (*Quercus robur* L.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth) та інші [19]. Штучні насадження містять також декоративні види та культивари, висаджені під час різних етапів благоустрою території.

Парк-пам’ятка «Межигір’я» має високу природоохоронну цінність через наявність у видовому складі флори та фауни видів з міжнародним охоронним статусом. Територія парку є частиною об’єкта Смарагдової мережі (Emerald Network), що свідчить про її значення для збереження біорізноманіття на

європейському рівні [29]. Парковий комплекс характеризується неповторними ландшафтами та мальовничими краєвидами на Київське водосховище.

В умовах активного рекреаційного використання території парку-пам'ятки (понад 35 тисяч відвідувачів за перші 44 дні роботи) [29] постає нагальна потреба у проведенні комплексного екологічного моніторингу, спрямованого на оцінку стану основних компонентів наземних екосистем та розробку заходів з їх збереження й відновлення.

1.4. Оцінка санітарного стану деревних насаджень

Деревні насадження є ключовим структурним та функціональним компонентом паркових екосистем, що визначає їх естетичну, рекреаційну та екологічну цінність. Оцінка санітарного стану деревних насаджень є невід'ємною складовою екологічного моніторингу парків-пам'яток садово-паркового мистецтва та інших об'єктів природно-заповідного фонду [4].

Санітарний стан деревних рослин визначається комплексом показників, що характеризують їх життєздатність, ступінь пошкодження шкідниками та хворобами, наявність механічних пошкоджень та ознак усихання [39]. Основними критеріями оцінки є стан крони (густота, забарвлення, наявність відмерлих гілок), стан стовбура (наявність ран, дупел, плодових тіл грибів-деструкторів), стан кореневої системи (оголення коренів, наявність кореневих гнилей) [7].

В Україні для оцінки санітарного стану деревних насаджень традиційно використовується шестибальна шкала категорій стану, розроблена відповідно до «Санітарних правил в лісах України» [39]. Відповідно до цієї шкали виділяють такі категорії стану дерев: I – без ознак ослаблення (здорові); II – ослаблені; III – сильно ослаблені; IV – всихаючі; V – свіжий сухостій; VI – старий сухостій [39]. Індекс стану насадження розраховується як середньозважена оцінка за відносною кількістю дерев у кожній категорії.

Методичні матеріали з моніторингу лісів І рівня (2009) передбачають оцінку стану крон деревних рослин за візуальними ознаками, зокрема за ступенем дефоліації та дехромації [4]. Дефоліація визначається як відсоток втрати листя (хвої) порівняно зі здоровим деревом-еталоном того ж виду та віку, а дехромація характеризує зміну забарвлення листя, що може бути індикатором хвороб або порушення мінерального живлення рослин.

Важливим аспектом оцінки стану деревних насаджень є визначення їх життєвого стану за загальноприйнятими критеріями життєвості деревних рослин [7]. Така методика передбачає бальну оцінку кожного дерева на пробній площі за сукупністю ознак (стан крони, стовбура, кореневої системи) з подальшим розрахунком індексу життєвого стану (ІЖС) насадження в цілому. Залежно від значення ІЖС насадження може бути класифіковане як здорове (ІЖС > 80 %), ослаблене (50–80 %), сильно ослаблене (20–50 %) або таке, що деградує (ІЖС < 20 %).

Фітосанітарний моніторинг передбачає також виявлення та ідентифікацію збудників хвороб і шкідників деревних рослин. В умовах урбанізованих екосистем та парків підвищене техногенне навантаження призводить до зниження життєздатності деревних рослин, що, у свою чергу, збільшує їх сприйнятливість до патогенних організмів [24]. Серед найбільш поширених хвороб деревних рослин у парках України відзначають стовбурові та кореневі гнилі, некрозно-ракові захворювання, а також ураження рослиною-напівпаразитом *Viscum album* L. (омелою білою) [20].

Для оцінки санітарного стану насаджень парків застосовують метод пробних площ, який передбачає закладання тимчасових або постійних облікових площадок, на яких проводиться суцільний перелік та обстеження дерев [37]. Рекомендована кількість дерев на пробній площі становить не менше 200 одиниць, що забезпечує статистичну достовірність отриманих результатів. На кожній пробній площі визначаються таксаційні показники (видовий склад, діаметр, висота, вік), а також санітарний стан кожного дерева.

Інструментальні методи оцінки стану дерев включають використання приростних бурів для визначення радіального приросту деревини, томографів для виявлення внутрішніх дефектів стовбура, а також люксметрів для вимірювання освітленості під наметом насадження. Рівень освітленості є важливим показником, що характеризує умови зростання підросту та трав'яного ярусу, а також впливає на розвиток патогенних організмів [40].

Особливу увагу при оцінці стану паркових насаджень слід приділяти виявленню сухостійних дерев та з'ясуванню причин їх усихання. За даними досліджень, основними причинами усихання дерев у парках є несприятливі гідрологічні умови (зміна рівня ґрунтових вод, надмірне зволоження або пересушування ґрунту), ураження хворобами та шкідниками, механічні пошкодження та старіння [24]. Своєчасне виявлення та видалення аварійних дерев є важливим елементом забезпечення безпеки відвідувачів парку.

1.5. Методи оцінки фізико-хімічних параметрів ґрунтів

Ґрунтовий покрив є одним із найважливіших компонентів наземних екосистем, що забезпечує живлення рослин, фільтрацію та акумуляцію води, розкладання органічних решток та підтримку біорізноманіття ґрунтових організмів [28]. Оцінка фізико-хімічних параметрів ґрунтів є обов'язковою складовою комплексного екологічного моніторингу будь-якої природної території, включаючи парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва.

Серед основних фізико-хімічних показників, що визначаються при моніторингу ґрунтів, ключове значення мають кислотність (pH), вологість, вміст органічної речовини, гранулометричний склад, вміст макро- та мікроелементів [28]. Ці параметри визначають родючість ґрунту, умови існування ґрунтової біоти та розвитку рослинності, а також здатність ґрунту до самоочищення від забруднювачів.

Кислотність ґрунту (pH) є одним із найважливіших показників його екологічного стану. Визначення pH ґрунту в Україні здійснюється відповідно

до ДСТУ ISO 10390:2022 «Якість ґрунту. Визначання pH» (ідентичний ISO 10390:2021), який встановлює інструментальний метод регулярного визначення pH із застосуванням скляного електроду в суспензії ґрунту у воді при співвідношенні 1:5 (V/V), а також у розчинах хлориду калію або хлориду кальцію [11]. Стандарт придатний для всіх типів повітряно-сухих ґрунтових зразків.

Значення pH суттєво впливає на доступність поживних елементів для рослин, активність ґрунтових мікроорганізмів та рухливість важких металів у ґрунті [25]. Для більшості деревних порід, що зростають у парках Правобережного Полісся, оптимальними є слабокислі та нейтральні ґрунти з pH 5,5–7,0. Зміщення pH у бік сильнокислої або лужної реакції може свідчити про забруднення ґрунту або порушення процесів ґрунтоутворення.

Вологість ґрунту визначається відповідно до ДСТУ ISO 11465:2001 «Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод» (ідентичний ISO 11465:1993) [13]. Цей стандарт встановлює гравіметричний метод визначення вмісту сухої речовини та вологості ґрунту шляхом висушування зразка при температурі 105 ± 5 °C до постійної маси. Вологість є динамічним показником, що залежить від кліматичних умов, рельєфу, механічного складу ґрунту та рівня ґрунтових вод.

Для характеристики ґрунтового покриву парків-пам’яток важливим є також визначення вмісту органічної речовини (гумусу), який впливає на структуру ґрунту, його водоутримувальну здатність та біологічну активність. Зменшення вмісту гумусу може свідчити про деградацію ґрунтового покриву під впливом рекреаційного навантаження [14].

Важливим аспектом моніторингу ґрунтів є оцінка їх забруднення важкими металами, нафтопродуктами та іншими полютантами антропогенного походження [38]. Для парків-пам’яток, розташованих поблизу автомагістралей та населених пунктів, характерним є підвищений вміст свинцю, кадмію, цинку та інших важких металів, що надходять з автотранспортними викидами та промисловими забрудненнями [38].

Визначення вмісту важких металів здійснюється атомно-абсорбційним методом відповідно до відповідних стандартів.

Відбір проб ґрунту для лабораторних аналізів регламентується стандартом ДСТУ ISO 10381-1:2004, що встановлює вимоги до складання програм відбирання проб ґрунту [10]. Попереднє обробляння зразків для фізико-хімічного аналізу здійснюється відповідно до ДСТУ ISO 11464:2007, який передбачає висушування, подрібнення та просіювання ґрунту через сито з відповідним розміром отворів [12].

Комплексна оцінка фізико-хімічних параметрів ґрунтів дозволяє не лише охарактеризувати поточний стан ґрунтового покриву, але й виявити тенденції його зміни під впливом антропогенних факторів. Порівняння отриманих результатів із фоновими значеннями та нормативами якості ґрунтів дає змогу оцінити ступінь деградації та розробити рекомендації щодо її запобігання [2].

1.6. Біотестування як метод визначення екологічного стану ґрунтів

Біотестування є одним із найбільш інформативних та доступних методів інтегральної оцінки екологічного стану ґрунтів. На відміну від хімічних методів аналізу, що визначають концентрацію окремих речовин, біотестування дозволяє оцінити сумарний (комбінований) вплив усіх забруднювачів, присутніх у ґрунті, на живі організми, враховуючи синергічні та антагоністичні ефекти їх взаємодії [15].

За визначенням, біотестування (або біоіндикаційне тестування) являє собою оцінку якості об’єктів навколишнього середовища за реакціями живих організмів, які використовуються як тест-об’єкти [41]. В основі методу лежить порівняння біологічних показників (ростових, репродуктивних, фізіологічних) організмів, що розвиваються на досліджуваному субстраті, з аналогічними показниками контрольних зразків, вирощених на незабрудненому субстраті.

Серед рослинних тест-систем, що широко використовуються для оцінки фітотоксичності ґрунтів, найбільш поширеними є крес-салат (*Lepidium sativum* L.), гірчиця біла (*Sinapis alba* L.), пшениця (*Triticum aestivum* L.), ячмінь (*Hordeum vulgare* L.), цибуля ріпчаста (*Allium cepa* L.) та редис (*Raphanus sativus* L.) [41]. Вибір конкретної тест-культури залежить від мети дослідження, виду забруднювача та необхідної чутливості методу.

Крес-салат (*Lepidium sativum* L.) є одним із найбільш зручних та чутливих тест-об’єктів для фітотестування ґрунтів [31]. Перевагами використання цієї культури є висока швидкість проростання насіння (3–5 діб), висока чутливість до різних типів забруднювачів, можливість дослідження великої кількості зразків на мінімальній площі (чашки Петрі, кювети), а також простота та відтворюваність методики [31].

Основними тест-реакціями, що оцінюються при біотестуванні за допомогою крес-салату, є: енергія проростання насіння (на 3-й день), схожість посівного матеріалу (на 7-й день), довжина кореневої системи та стебла проростків, загальна маса проростків, а також наявність видимих морфологічних аномалій (хлороз, некроз, деформація) [9]. Зниження показників проростання та ростових характеристик порівняно з контролем свідчить про наявність у ґрунті токсичних речовин.

Фітотоксичний ефект визначається за формулою:

$$ФЕ = ((К – Д) / К) \times 100\ \%, \quad (1.1)$$

де К – середнє значення показника у контрольному варіанті,

Д – середнє значення показника у дослідному варіанті [5]. Для класифікації рівня токсичності ґрунтів використовується спеціальна шкала, за якою виділяють такі рівні: норма (ФЕ менше 10 %), слабка токсичність (10–30 %), середня токсичність (30–50 %), висока токсичність (50–75 %) та надвисока токсичність (понад 75 %) [5].

У дослідженнях зазначається, що для отримання достовірних результатів біотестування важливо дотримуватися стандартних умов проведення експерименту, зокрема температурного режиму (20–25 °С),

освітленості, вологості субстрату, а також використовувати не менше трьох повторностей для кожного варіанту [5]. Контрольним субстратом зазвичай слугує незабруднений ґрунт аналогічного типу або промитий річковий пісок.

Дослідження фітотоксичності міських ґрунтів із застосуванням тесту на крес-салат, проведені різними авторами в містах України, свідчать про те, що рівень токсичності суттєво залежить від інтенсивності антропогенного навантаження [16]. Найвищу фітотоксичність виявлено для ґрунтів, відібраних поблизу великих автомагістралей та промислових підприємств, тоді як ґрунти паркових зон, як правило, характеризуються низьким або допустимим рівнем токсичності.

Поряд із фітотестуванням, для оцінки токсичності ґрунтів використовують також зоотестування (на дафніях, інфузоріях, ногохвістках) та мікробіологічне тестування [15]. Комплексне біотестування із застосуванням організмів різних систематичних груп та трофічних рівнів дозволяє отримати найбільш повну характеристику екотоксикологічного стану ґрунтів. Однак для експрес-оцінки фітотоксичності ґрунтів в умовах екологічного моніторингу парків-пам’яток найбільш прийнятним залишається тест на крес-салат, як найбільш простий, доступний та інформативний метод [31].

1.7. Вплив антропогенного та рекреаційного навантаження на екосистеми парків

Антропогенне навантаження на природні екосистеми є одним із ключових факторів їх трансформації та деградації. Для парків-пам’яток садово-паркового мистецтва, які поєднують природоохоронну та рекреаційну функції, питання визначення допустимого рівня антропогенного впливу є особливо актуальним [3]. Надмірне навантаження може призвести до незворотних змін структури та функціонування паркових екосистем, втрати їх естетичної та екологічної цінності.

Рекреаційне навантаження є агрегатним показником безпосереднього впливу рекреантів, їх транспортних засобів та рекреаційної інфраструктури на природні ландшафтні комплекси [42]. Воно виражається кількістю людей (або людино-днів) на одиниці площі за певний проміжок часу і залежить від виду рекреаційної діяльності, сезонності відвідування та стійкості конкретного ландшафтного комплексу до антропогенного впливу.

Основними формами негативного впливу рекреаційної діяльності на паркові екосистеми є: механічне ущільнення ґрунту внаслідок витоптування, пошкодження рослинності, забруднення території побутовими відходами, порушення гідрологічного режиму, а також фактор занепокоєння для тваринного світу [14]. За даними дослідників, ущільнення ґрунту під впливом витоптування призводить до зменшення його аерації, водопроникності та біологічної активності, що негативно позначається на розвитку кореневих систем рослин та діяльності ґрунтової біоти [14].

Стан рослинності є основним індикатором при визначенні допустимого рекреаційного навантаження на ландшафтні комплекси [42]. Для основних типів лісових і паркових екосистем розроблені нормативи допустимого рекреаційного навантаження, що враховують тип рослинності, ґрунтові умови, рельєф та кліматичні особливості [21]. Перевищення цих нормативів призводить до стадійної деградації насаджень, що проявляється у витоптуванні підросту та трав’яного покриву, оголенні кореневих систем, механічних пошкодженнях стовбурів та крон дерев.

Відповідно до Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об’єктів природно-заповідного фонду України (Наказ Мінприроди від 22.06.2009 р. № 330), рекреаційна діяльність на заповідних територіях має здійснюватися з дотриманням природоохоронного режиму та не повинна призводити до погіршення стану природних комплексів [33]. Для цього необхідним є науково обґрунтоване функціональне зонування території парку-пам’ятки з виділенням зон різного рекреаційного навантаження.

Важливим чинником антропогенного впливу на паркові екосистеми є також забруднення водоплавними птахами, чисельність яких зростає в зонах з підвищеною концентрацією відвідувачів, що підгодовують їх [8]. Надмірне органічне забруднення ґрунтів послідом птахів може призводити до евтрофікації прибережних ділянок водойм, зміни видового складу рослинності та підвищення фітотоксичності ґрунтів.

Для мінімізації негативного впливу рекреаційного навантаження на паркові екосистеми рекомендується впроваджувати комплекс організаційних та інженерних заходів, серед яких: облаштування доріжково-стежкової мережі з твердим покриттям, встановлення інформаційних знаків та огорож, організація санітарних зон, проведення регулярного мульчування ґрунту в зонах інтенсивного витоптування, а також маркування маршрутів для регулювання потоків відвідувачів [21].

Крім безпосереднього рекреаційного навантаження, на стан екосистем парків-пам’яток впливають також опосередковані антропогенні фактори, зокрема забруднення атмосферного повітря від автотранспорту та промислових підприємств, зміни мікроклімату внаслідок урбанізації прилеглих територій, а також інвазія адвентивних видів рослин. Комплексна оцінка всіх цих факторів є необхідною умовою ефективного управління територією парку-пам’ятки та забезпечення сталого збереження його природних та культурних цінностей.

Для ефективного управління необхідні додаткові дослідження, зокрема пенетрометрія для оцінки ущільнення ґрунту та мікробіологічний аналіз. На ділянках з інтенсивним рекреаційним використанням, таких як поля для гольфу та зони відпочинку біля водойм, критично необхідною є глибока аерація ґрунту з використанням біологічних деструкторів [14]. Загалом, слід посилити санітарні заходи та регулювати рекреаційне навантаження шляхом мульчування та маркування маршрутів.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна характеристика об’єкта та району дослідження

Об’єктом дослідження є наземні екосистеми парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір’я», що розташований у Вишгородському районі Київської області, поблизу села Нові Петрівці (вулиця Івана Франка, 19). Парк-пам’ятка займає площу 138,6 га земель державної власності на правому березі Дніпра (Київського водосховища) та входить до складу природно-заповідного фонду України з 2023 року відповідно до Закону України № 3264-IX від 14.07.2023 р. [36].

Предметом дослідження є сучасний екологічний стан та ключові компоненти наземних екосистем парку-пам’ятки, а саме деревні насадження та ґрунтовий покрив.

Метою дослідження є оцінка сучасного екологічного стану наземних екосистем парку-пам’ятки «Межигір’я» в умовах інтенсивного антропогенного навантаження та розробка науково обґрунтованих рекомендацій щодо їх збереження.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання дослідження: оцінити стан дерев та умови їх росту, аналізуючи його життєздатність та світловий режим; визначити потенційну токсичність ґрунту для інтегральної оцінки його екологічного стану; оцінити фізико-хімічні параметри ґрунту (вологість та pH).

Територія дослідження розташована у зоні мішаних лісів Правобережного Полісся, на межі з Лісостепом. За фізико-географічним районуванням ця місцевість належить до Київської височини в межах Придніпровської низовини. Рельєф характеризується хвилястою поверхнею з перепадами висот, наявністю ярів та балок, що спускаються до Київського водосховища. Абсолютні висоти коливаються від 90 до 175 м над рівнем моря [26].

Клімат регіону помірно-континентальний із теплим літом та відносно м’якою зимою. Середньорічна температура повітря становить +7,7 °C, середня температура липня +19,5 °C, січня –5,5 °C. Середньорічна кількість опадів складає 550–650 мм, із максимумом у літні місяці (червень–серпень). Тривалість вегетаційного періоду становить 195–205 діб [18].

Ґрунтовий покрив території переважно представлений дерново-підзолистими ґрунтами, що характерні для зони мішаних лісів і формуються під впливом підзолистого та дернового процесів ґрунтоутворення на водно-льодовикових відкладах. Ці ґрунти мають слабокислу реакцію середовища, нормальне вологозабезпечення та помірний вміст гумусу [28].

Рослинний покрив парку-пам’ятки включає як природну деревну, чагарникову та трав’яну рослинність, так і штучні декоративні насадження, створені під час різних етапів благоустрою території. Деревний ярус представлений широколистяними та хвойними породами, серед яких дуб звичайний (*Quercus robur* L.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth) та інші аборигенні й інтродуковані види [19].

На території парку-пам’ятки присутні водні об’єкти, зокрема Ракове озеро, яке є важливим елементом паркового ландшафту та впливає на гідрологічний режим прилеглих ділянок. Парковий комплекс включає також спортивну інфраструктуру (поле для гольфу), зону фазанарію та інші функціональні зони, що зазнають різного ступеня антропогенного навантаження [17].

2.2. Вибір та опис дослідних ділянок

Для проведення комплексного екологічного моніторингу наземних екосистем парку-пам’ятки «Межигір’я» було закладено три дослідні ділянки, які відрізняються за рівнем та характером антропогенного навантаження, типом рослинності та функціональним призначенням. Вибір ділянок

здійснювався з урахуванням принципу репрезентативності, що дозволяє охарактеризувати основні типи наземних екосистем парку та виявити вплив різних факторів антропогенного навантаження на їх стан, рис. 2.1.



Рис. 2.1 Супутниковий знімок території за допомогою програми Google Earth з позначенням дослідницьких ділянок

Ділянка 1 (Поле для гольфу) – ділянка, що функціонує як спортивний об’єкт і зазнає специфічного антропогенного навантаження, пов’язаного з регулярним доглядом за газонним покриттям (стрижка, полив, внесення добрив), механічним впливом на ґрунтовий покрив (витоптування, рух спортивного обладнання), а також потенційним хімічним забрудненням від засобів догляду за газоном. Рослинність представлена переважно штучними газонними травостоями з окремими групами деревних насаджень.

Ділянка 2 (Фазанарій) – зона утримання фазанів та інших птахів, що характеризується специфічним типом антропогенного навантаження, пов’язаним із впливом життєдіяльності тварин на ґрунтовий покрив. Основними факторами впливу на цій ділянці є механічне порушення поверхні ґрунту птахами (ритування, витоптування), надходження органічних речовин (послід), а також можливе локальне забруднення залишками кормів. Деревні

насадження представлені окремими групами дерев, що забезпечують затінення для тварин.

Ділянка 3 (Ракове озеро) – прибережна зона Ракового озера, що зазнає впливу комплексу факторів: рекреаційне навантаження від відвідувачів парку, надмірне органічне забруднення послідом водоплавних птахів, специфічний гідрологічний режим, зумовлений близькістю водойми. Ця ділянка характеризується підвищеною вологістю ґрунту та особливим мікрокліматом, що формується під впливом водної поверхні озера. Деревні насадження прибережної зони представлені вологолюбними видами.

На кожній дослідній ділянці здійснювалися: відбір проб ґрунту для фізико-хімічного аналізу та біотестування, обстеження стану деревних насаджень, а також інструментальне вимірювання освітленості. Розташування дослідних ділянок обрано таким чином, щоб охопити основні типи антропогенного навантаження, характерні для території парку-пам’ятки: мінімальне (контроль), рекреаційно-спортивне (поле для гольфу), зоогенне (фазанарій) та рекреаційно-гідрологічне (Ракове озеро).

2.3. Методика оцінки санітарного стану деревних насаджень

Оцінка санітарного стану деревних насаджень проводилася на кожній з чотирьох дослідних ділянок парку-пам’ятки «Межигір’я» відповідно до загальноприйнятих методик лісової таксації та моніторингу зелених насаджень [4, 39]. Обстеження здійснювалося маршрутним методом із закладанням тимчасових пробних площ, на яких проводився детальний аналіз стану кожного дерева.

Для оцінки санітарного стану деревних насаджень використовувалася шестибальна шкала категорій стану дерев, визначена відповідно до «Санітарних правил в лісах України» (Постанова КМУ від 27.07.1995 р. № 555, зі змінами) [39]. Відповідно до цієї шкали кожне обстежене дерево відносили до однієї з шести категорій стану:

I категорія (без ознак ослаблення) – дерева з густою рівномірною кроною, зеленим забарвленням листя (хвої), нормальним приростом, без видимих пошкоджень стовбура та гілок, без ознак заселення шкідниками та ураження хворобами;

II категорія (ослаблені) – дерева з нерівномірно розвиненою або зрідженою кроною (до 25 % дефоліації), із дещо послабленим приростом, можливі незначні пошкодження стовбура (ранки, тріщини), допускається наявність поодиноких сухих гілок;

III категорія (сильно ослаблені) – дерева зі значно зрідженою кроною (дефоліація 25–50 %), зі зниженим приростом, помітними пошкодженнями стовбура (дупла, обширні рани, плодові тіла грибів-деструкторів), наявність сухих гілок у верхній частині крони;

IV категорія (всихаючі) – дерева з сильно зрідженою кроною (дефоліація понад 50 %), з відмиранням верхівки, значним всиханням гілок, пожовтінням або передчасним опаданням листя, ознаками заселення стовбуровими шкідниками;

V категорія (свіжий сухостій) – дерева, що нещодавно всохли, із залишками листя або хвої, кора ще не відпала, деревина ще не зруйнована;

VI категорія (старий сухостій) – мертві дерева з повністю або частково опалою корою, зруйнованою деревиною, можливим обламуванням верхівки та великих гілок.

На кожній пробній площі здійснювався суцільний перелік дерев із визначенням їхнього видового складу, діаметра стовбура на висоті 1,3 м від поверхні ґрунту (за допомогою мірної вилки), висоти дерева (за допомогою висотоміра або візуальної оцінки), а також категорії санітарного стану кожного дерева. Закладання пробних площ здійснювалося відповідно до СОУ 02.02-37-476:2006 «Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання» [37]. Результати фіксувалися у польових відомостях.

Індекс санітарного стану (ІСС) насадження розраховувався за формулою [4]:

$$ICC = \sum(K_i \times n_i) / N, \quad (2.1)$$

де K_i – номер категорії стану (від I до VI), n_i – кількість дерев відповідної категорії, N – загальна кількість обстежених дерев на пробній площі. Значення ІСС від 1,0 до 1,5 свідчить про здоровий стан насадження, від 1,6 до 2,5 – про ослаблений стан, від 2,6 до 3,5 – про сильно ослаблений стан, понад 3,5 – про критичний стан насадження [4].

Під час обстеження фіксувалися також додаткові показники: наявність та ступінь ураження рослиною-напівпаразитом *Viscum album* L. (омелою білою), наявність морозобійних тріщин, механічних пошкоджень, грибкових уражень стовбура та кореневої системи, стан підросту та трав'яного покриву під наметом насадження.

Особливу увагу приділяли виявленню та обліку сухостійних дерев як ознаки критичного ослаблення насаджень. Фіксувалися їх локалізація, видова належність, можливі причини загибелі та потенційна небезпека для відвідувачів парку. Визначення ймовірних причин усихання дерев здійснювалося на основі комплексу ознак: розташування дерева відносно водних об'єктів, схилів, інфраструктурних об'єктів, наявність патогенних організмів тощо [7].

2.4. Інструментальне вимірювання освітленості

Вимірювання рівня освітленості під наметом деревних насаджень та на відкритих ділянках проводилося з метою характеристики світлового режиму, який є важливим екологічним фактором, що впливає на ріст і розвиток рослин, формування підросту та трав'яного покриву, а також визначає мікрокліматичні умови на дослідних ділянках [40].

Інструментальне вимірювання освітленості здійснювалося за допомогою цифрового люксметра, який дозволяє визначити інтенсивність світлового потоку в люксах (лк). Вимірювання проводилися за стандартних

умов: у ясну або напівхмарну погоду, в першій половині дня (з 10:00 до 14:00 години), на висоті 1 м від поверхні ґрунту [24].

На кожній дослідній ділянці вимірювання здійснювалися в декількох точках: безпосередньо під наметом деревних насаджень (під кроною), на відкритих ділянках між деревами, а також на повністю відкритій місцевості (еталонне вимірювання для визначення повної освітленості). Для кожної точки виконувалося не менше трьох вимірювань з наступним обчисленням середнього арифметичного значення.

Відносна освітленість під наметом насадження (у відсотках від повної) розраховувалася за формулою [40]:

$$E_{відн} = (E_n / E_0) \times 100\ \%, \qquad (2.2)$$

де E_n – освітленість під наметом насадження (лк), E_0 – освітленість на відкритій місцевості (лк).

Рівень освітленості є інтегральним показником, що залежить від зімкнутості крон, густоти насадження, видового складу деревного ярусу (широколистяні породи створюють більш щільне затінення, ніж хвойні), а також від сезону вимірювання [40]. Зниження освітленості під наметом насадження свідчить про високу зімкнутість крон, тоді як надмірна освітленість може вказувати на зрідженість та деградацію деревного ярусу.

Дані про освітленість використовувалися для комплексної характеристики умов зростання деревних насаджень на дослідних ділянках, а також для оцінки ступеня впливу стану крон на формування мікроклімату під наметом лісу. Порівняння значень освітленості між ділянками з різним ступенем антропогенного навантаження дозволяє виявити зв’язок між рівнем навантаження та станом деревного ярусу.

2.5. Методика відбору проб ґрунту

Відбір проб ґрунту на дослідних ділянках парку-пам’ятки «Межигір’я» здійснювався відповідно до вимог ДСТУ ISO 10381-1:2004 «Якість ґрунту.

Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб» [10].

На кожній з чотирьох дослідних ділянок відбиралися змішані (об'єднані) зразки ґрунту, які формувалися шляхом об'єднання кількох точкових проб, відібраних у різних точках ділянки за схемою «конверт» (чотири точки по кутах уявного прямокутника та одна в центрі). Такий підхід забезпечує репрезентативність зразка та нівелює локальну неоднорідність ґрунтового покриву [10].

Проби відбиралися з верхнього гумусового горизонту ґрунту на глибину 0–20 см, що є стандартною глибиною відбору для оцінки екологічного стану ґрунтового покриву. Для відбору використовували ґрунтовий бур або лопату з попереднім видаленням верхнього шару рослинних решток (підстилки) та живих рослин. Маса кожної точкової проби становила приблизно 200–300 г, а маса змішаного зразка – не менше 1 кг.

Відібрані зразки ґрунту поміщалися у попередньо промарковані поліетиленові пакети із зазначенням номера ділянки, дати та точки відбору. Транспортування зразків до лабораторії здійснювалося в день відбору з дотриманням умов, що запобігають їх забрудненню, висиханню або зволоженню.

Попередня підготовка ґрунтових зразків до лабораторного аналізу здійснювалася відповідно до ДСТУ ISO 11464:2007 «Якість ґрунту. Попереднє обробляння зразків для фізико-хімічного аналізу» [12]. Підготовка включала такі операції: видалення видимих включень (каміння, коріння, рослинні рештки), висушування зразків до повітряно-сухого стану за кімнатної температури (20–25 °C), подрібнення та просіювання через сито з діаметром отворів 2 мм. Частина відібраного ґрунту зберігалася у повітряно-вологому стані для проведення біотестування.

Для визначення вологості ґрунту частину зразка зберігали у герметично закритій тарі без попереднього висушування, щоб запобігти втраті природної

вологи. Визначення вологості проводилося в найкоротший строк після відбору проби.

Пункти відбору проб ґрунту на кожній ділянці були обрані таким чином, щоб максимально врахувати специфіку антропогенного впливу. На ділянці «Контроль» проби відбирали в типовому для ділянки місці під наметом деревних насаджень. На ділянці «Поле для гольфу» – безпосередньо на ігровому полі, де ґрунт зазнає максимального механічного та хімічного впливу. На ділянці «Фазанарій» – у зоні утримання птахів, де ґрунт зазнає впливу зоогенного фактору. На ділянці «Ракове озеро» – у прибережній зоні, де ґрунт перебуває під впливом як рекреаційного навантаження, так і специфічного гідрологічного режиму.

2.6. Визначення вологості ґрунту (ДСТУ ISO 11465:2001)

Визначення вмісту вологи у ґрунтових зразках здійснювалося гравіметричним методом відповідно до ДСТУ ISO 11465:2001 «Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод» (ISO 11465:1993, IDT) [13]. Цей стандарт встановлює метод визначення вмісту сухої речовини та вологості шляхом висушування ґрунтового зразка при температурі (105 ± 5) °C до постійної маси.

Принцип методу полягає у визначенні втрати маси ґрунтового зразка після його висушування до постійної маси при температурі 105 °C. Різниця між масою вихідного (вологого) зразка та масою висушеного зразка відповідає масі води, що містилася у ґрунті [13].

Порядок проведення аналізу був наступним. Попередньо зважений порцеляновий тигель або алюмінієву бюксу висушували у сушильній шафі при температурі (105 ± 5) °C протягом 1 години, охолоджували в ексикаторі до кімнатної температури та зважували на аналітичних терезах із точністю до 0,01 г. У тигель поміщали наважку ґрунту масою приблизно 5–10 г (для

мінеральних ґрунтів) або 2–5 г (для органічних ґрунтів) та зважували з точністю до 0,01 г.

Тигель із наважкою ґрунту поміщали у сушильну шафу, попередньо нагріту до температури (105 ± 5) °С. Висушування проводили протягом не менше 4–6 годин. Після висушування тигель із ґрунтом охолоджували в ексикаторі з осушувачем (силікагелем або кальцію хлоридом безводним) до кімнатної температури та зважували. Операцію висушування–охолодження–зважування повторювали до досягнення постійної маси, тобто до моменту, коли різниця між двома послідовними зважуваннями не перевищувала 0,1 % від маси зразка [13].

Вміст вологи (W) у відсотках обчислювали за формулою:

$$W = ((m_1 - m_2) / (m_2 - m_0)) \times 100\ \%, \qquad (2.3)$$

де m_0 – маса порожнього тигля (г), m_1 – маса тигля з наважкою ґрунту до висушування (г), m_2 – маса тигля з наважкою ґрунту після висушування до постійної маси (г).

Вміст сухої речовини (D) у відсотках обчислювали за формулою D = 100 % – W.

Для кожного ґрунтового зразка визначення вологості проводилося у двох повторностях. Результатом вважали середнє арифметичне значення двох паралельних визначень за умови, що розбіжність між ними не перевищувала допустимої похибки, встановленої стандартом [13].

Вологість ґрунту є динамічним показником, що залежить від кліматичних умов (кількість та розподіл опадів, температура повітря, випаровування), положення ділянки в рельєфі, механічного складу ґрунту, рівня ґрунтових вод та ступеня антропогенного впливу. Ущільнення ґрунту внаслідок витоптування призводить до зменшення його водопроникності та зміни водного режиму, що може бути виявлене за результатами визначення вологості.

2.7. Визначення pH ґрунту (ДСТУ ISO 10390:2022)

Визначення кислотно-лужних властивостей ґрунту проводилося відповідно до ДСТУ ISO 10390:2022 «Якість ґрунту. Визначання pH» (ISO 10390:2021, IDT) [11]. Цей стандарт встановлює інструментальний метод визначення pH ґрунтової суспензії із застосуванням скляного електроду та є гармонізованим із відповідним міжнародним стандартом ISO 10390.

Принцип методу полягає у потенціометричному вимірюванні активності іонів водню (H^+) у суспензії ґрунту, приготовленій шляхом змішування ґрунтового зразка з рідиною (дистильованою водою, розчином 1 моль/л KCl або розчином 0,01 моль/л $CaCl_2$) у визначеному об'ємному співвідношенні [11]. У даному дослідженні визначалося значення pH водної суспензії (pH-H_2O), яке характеризує актуальну кислотність ґрунту.

Порядок проведення аналізу включав такі етапи. Наважку повітряно-сухого ґрунту масою 5 ± 0,1 г, попередньо висушеного та просіяного через сито з діаметром отворів 2 мм, поміщали у хімічну склянку об'ємом 50–100 мл. До наважки додавали 25 мл дистильованої або деіонізованої води (співвідношення ґрунт: вода = 1:5 за об'ємом). Суспензію ретельно перемішували скляною паличкою або на магнітній мішалці протягом 5 хвилин та залишали для відстоювання на 2 години (але не більше ніж на 24 години) [11].

Перед вимірюванням pH-метр калібрували за двома буферними розчинами зі значеннями pH, що охоплюють очікуваний діапазон вимірювань (зазвичай pH 4,00 та pH 7,00 або pH 7,00 та pH 9,22). Калібрування здійснювалося відповідно до інструкції виробника приладу та перевірялося на початку кожної серії вимірювань.

Вимірювання pH проводили зануренням комбінованого скляного електроду в суспензію ґрунту після її відстоювання. Електрод занурювали на глибину не менше 2 см від поверхні рідини, не торкаючись осаду на дні склянки. Показання pH-метра фіксували після стабілізації значення (протягом

30–60 секунд). Між вимірюваннями електрод промивали дистильованою водою та обережно висушували фільтрувальним папером [11].

Для кожного ґрунтового зразка вимірювання проводилося у двох повторностях. Результатом вважали середнє арифметичне значення двох паралельних визначень, якщо розбіжність між ними не перевищувала 0,1 одиниці pH. У випадку більшої розбіжності вимірювання повторювали.

Інтерпретація отриманих значень pH здійснювалася відповідно до загальноприйнятої класифікації ґрунтів за кислотністю [25].

Таблиця 2.1 – Класифікація ґрунтів за значенням pH водної суспензії

Значення pH	Характеристика ґрунту
< 4,5	Сильнокислий
4,5–5,0	Середньокислий
5,1–5,5	Слабокислий
5,6–6,0	Близький до нейтрального
6,1–7,0	Нейтральний
> 7,0	Лужний

Значення pH ґрунту є важливим агроекологічним показником, що визначає доступність мінеральних елементів живлення для рослин, активність ґрунтових мікроорганізмів, рухливість важких металів та інших полютантів, а також загальну буферну здатність ґрунту [25]. Для дерново-підзолистих ґрунтів, характерних для досліджуваної території, типовими є слабокислі значення pH (5,0–6,0), що зумовлено особливостями процесу підзолоутворення.

2.8. Методика біотестування ґрунтів за допомогою крес-салату

Для інтегральної оцінки потенційної токсичності ґрунтів дослідних ділянок парку-пам’ятки «Межигір’я» проводилося біотестування з

використанням крес-салату (*Lepidium sativum* L.) як тест-організму. Крес-салат є одним із найбільш широко використовуваних рослинних тест-об'єктів для оцінки фітотоксичності ґрунтів, що зумовлено його високою чутливістю до забруднювачів, швидким проростанням насіння, простотою та відтворюваністю методики [15, 41].

Біотестування проводилося за стандартною методикою фітотестування, адаптованою відповідно до методичних рекомендацій щодо визначення фітотоксичності ґрунтів [5]. Дослід здійснювався у лабораторних умовах при кімнатній температурі (20–25 °C) із забезпеченням природного освітлення.

Підготовка субстрату. Ґрунтові зразки, відібрані на чотирьох дослідних ділянках (контроль, поле для гольфу, фазанарій, Ракове озеро), використовувалися як субстрат для пророщування насіння. Для кожного зразка ґрунт поміщали у ємності (чашки Петрі, кювети або пластикові контейнери) шаром товщиною приблизно 1,5–2 см. Ґрунт зволожували дистильованою водою до стану вологості, що відповідає його вологоємності (без надлишку вільної вологи на поверхні).

Закладання досліду. На поверхню підготовленого ґрунтового субстрату висівали по 100 насінин крес-салату рівномірним шаром. Насіння злегка вдавлювали у поверхню ґрунту та присипали тонким шаром того ж ґрунту (1–2 мм). Після посіву ємності вкривали для збереження вологості та поміщали у місце з постійною температурою та помірним освітленням [5].

Повторність. Для кожного варіанту (ґрунтового зразка) закладалося по дві повторності. Контрольний варіант (ґрунт з ділянки контролю) використовувався як еталон для порівняння. Загальна кількість висіяного насіння на кожен варіант у кожній повторності складала 100 штук.

Спостереження та облік результатів. Протягом періоду проведення досліду (7 діб) здійснювалися такі спостереження: визначення енергії проростання насіння (на 3-й день після посіву), яка характеризує швидкість та дружність появи проростків; визначення схожості посівного матеріалу (на 7-й день після посіву), яка відображає загальну життєздатність насіння у даних

умовах; вимірювання довжини кореневої системи проростків (см); вимірювання довжини стебла (надземної частини) проростків (см); візуальна оцінка стану проростків (наявність хлорозу, некрозу, деформацій).

Підрахунок кількості пророслого насіння проводився для кожної повторності окремо. Насінину вважали проростком, якщо довжина корінця перевищувала довжину самої насінини. Енергію проростання (Е) та схожість (С) обчислювали у відсотках від загальної кількості висіяних насінин за формулами [9]:

$$E = (n_3 / N) \times 100\ \%; \quad C = (n_7 / N) \times 100\ \%, \tag{2.4}$$

де n_3 – кількість пророслих насінин на 3-й день, n_7 – кількість пророслих насінин на 7-й день, N – загальна кількість висіяних насінин (100 шт.).

Вимірювання морфометричних показників проростків (довжина коренів та стебел) проводилося на 7-й день досліду за допомогою лінійки з точністю до 1 мм. Для кожної повторності вимірювали по 10–20 випадково обраних проростків і обчислювали середнє значення [5].

Визначення класу токсичності ґрунту. Токсичність ґрунту визначали на основі порівняння ростових показників проростків крес-салату на дослідних та контрольних ґрунтах. Для визначення класу токсичності використовували інтегральний показник, що враховує довжину кореневої системи, довжину стебла та загальну висоту рослини [5].

Фітотоксичний ефект (ФЕ) обчислювали за формулою:

$$ФЕ = (L_k – L_x) / L_k, \tag{2.5}$$

де L_k – середня довжина рослини (корінь + стебло) у контрольному варіанті (см), L_x – середня довжина рослини (корінь + стебло) у дослідному варіанті (см).

Класифікація ґрунтів за рівнем фітотоксичності здійснювалася відповідно до шкали, наведеної у таблиці 2.2 [5].

Таблиця 2.2 – Шкала класифікації ґрунтів за рівнем фітотоксичності

Клас	Значення ФЕ	Характеристика токсичності
I	< 0,10	Токсичність відсутня
II	0,10–0,30	Слабка токсичність
III	0,31–0,50	Середня токсичність
IV	0,51–0,70	Висока токсичність
V	> 0,70	Надвисока токсичність

Перевагами методу біотестування із застосуванням крес-салату є висока чутливість до широкого спектру забруднювачів (важкі метали, пестициди, нафтопродукти, надлишок органічних речовин), простота виконання та інтерпретації результатів, можливість кількісної оцінки токсичності, відтворюваність результатів, а також економічна доступність [31]. До обмежень методу слід віднести залежність результатів від якості насіннєвого матеріалу, умов проведення досліду (температура, освітленість, вологість) та неможливість ідентифікації конкретного забруднювача, що спричиняє токсичний ефект.

2.9. Визначення якості насіннєвого матеріалу

Для забезпечення достовірності результатів біотестування важливим етапом є попередня оцінка якості насіннєвого матеріалу, що використовується як тест-об’єкт. Визначення посівних якостей насіння крес-салату проводилося відповідно до ДСТУ 4138:2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості» [9].

Основними показниками якості насіннєвого матеріалу, що визначалися у дослідженні, є енергія проростання та лабораторна схожість. Енергію проростання визначали на 3-й день після закладання на пророщування, а схожість – на 7-й день [9].

Для визначення посівних якостей насіння крес-салату використовувалася методика пророщування на ґрунтовому субстраті. У підготовлені ємності з ґрунтом (контрольний варіант) висівали по 100 насінин у двох повторностях. Ємності витримували при постійній температурі (20–25 °С) та помірному зволоженні протягом 7 діб.

Підрахунок кількості пророслих насінин здійснювався на 3-й та 7-й дні. Результати фіксувалися для кожної повторності окремо, після чого обчислювалися середні значення та відсоток від загальної кількості висіяних насінин.

За даними контрольного варіанту (ґрунт контрольної ділянки), енергія проростання насіння крес-салату становила 96 % (середнє з двох повторностей: 96 і 96 шт. з 100), а схожість на 7-й день – 98,0 % (97 і 99 шт. з 100). Такі високі показники свідчать про задовільну якість використаного насіннєвого матеріалу та його придатність для проведення біотестування [9].

Значне зниження показників проростання на інших ділянках порівняно з контрольним варіантом може свідчити про наявність у ґрунті речовин, що пригнічують проростання та ріст рослин (фітотоксичний ефект). Найбільше пригнічення було зафіксовано на ділянці фазанарію (енергія проростання 19 %, схожість 32 %), що може бути пов’язано з впливом зоогенного фактору (надмірне накопичення органічних речовин від послідів птахів, зміна фізичних властивостей ґрунту).

2.10 Статистична обробка результатів

Статистична обробка отриманих результатів здійснювалася з використанням стандартних методів математичної статистики [1]. Для кожного визначуваного показника обчислювали такі основні статистичні параметри: середнє арифметичне значення (M), стандартне відхилення (SD), коефіцієнт варіації (CV), мінімальне та максимальне значення.

Середнє арифметичне значення (M) обчислювалося за формулою $M = \sum x_i / n$, де x_i – окреме значення показника, n – кількість вимірювань (повторностей).

Стандартне відхилення (SD) обчислювалося за формулою:

$$SD = \sqrt{[\sum(x_i - M)^2 / (n - 1)]} \quad (2.6)$$

Коефіцієнт варіації (CV) у відсотках обчислювався за формулою $CV = (SD / M) \times 100\ \%$.

Для порівняння результатів між дослідними ділянками використовувався метод порівняння середніх значень. Результати вважалися статистично значущими при рівні довірчої ймоікрності $p \leq 0,05$.

Обробка даних та побудова графіків і діаграм здійснювалися з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel. Табличне представлення результатів включало середні значення, кількість повторностей та відсоткові показники для кожного визначуваного параметра [1].

Результати біотестування представляли у вигляді порівняльних таблиць та діаграм, що дозволяє візуально оцінити відмінності між дослідними ділянками. Для фізико-хімічних показників ґрунту (pH, вологість) результати подавалися з точністю, визначеною відповідними стандартами.

Для інтерпретації результатів використовувалися нормативні документи, зокрема стандарти якості ґрунтів, шкали фітотоксичності, категорії санітарного стану деревних насаджень, а також літературні дані щодо фонових значень визначуваних показників для дерново-підзолистих ґрунтів зони мішаних лісів Правобережного Полісся [28].

РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ «МЕЖИГІР'Я»

3.1. Оцінка санітарного стану та світлового режиму деревних насаджень

Дослідження наземних комплексів парку-пам’ятки «Межигір’я» розпочали з натурного обстеження деревного ярусу – головного середовищеутворювального компонента, який регулює інсоляцію під наметом лісу та визначає рекреаційно-естетичні характеристики території. Лісівничо-таксаційний і санітарний стан деревостану відображає стійкість локальних екосистем до антропогенного впливу. На трьох модельних локаціях провели суцільний подеревний перелік з визначенням видового складу, вимірюванням біометричних параметрів та оцінкою життєздатності рослин.

Ділянка 1 (Поле для гольфу) є штучно сформованим відкритим садово-парковим ландшафтом. Значну частину території тут займають газонні травостої, які чергуються з лінійними насадженнями та поодинокими групами дерев (рис.3.1). Обстежено рядову посадку молодих особин клена гостролистого (*Acer platanoides* L.). Дерева мають вирівняні біометричні параметри: середній діаметр стовбурів на висоті 1,3 м становить 16,4 см, середня висота – 7,5 м.



Рис. 3.1 Ділянка 1 (Поле для гольфу)

Візуальна оцінка засвідчила задовільний лісівничий стан дерев на полі для гольфу. Ознак всихання скелетних гілок, морозобійних тріщин чи ураження патогенними грибами-деструкторами не зафіксовано, тож більшість особин віднесено до II категорії стану (ослаблені) – нормативного показника для урбанізованих та інтенсивно догляданих територій. Основними чинниками впливу є механічне навантаження на ґрунт від переміщення відвідувачів і техніки для косіння, а також штучне формування архітектоніки крон.

На Ділянці 2 (Фазанарій), яка експлуатується як зоозона для утримання птахів, екологічна ситуація суттєво інша. Деревні насадження тут історично виконували роль захисного екрана та забезпечували мікрокліматичне затінення вольєрних комплексів (рис.3.2). Основні лісоутворювальні породи – береза повисла (*Betula pendula* Roth) і сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) з домішкою клена гостролистого на прилеглих схилах. Біометричні заміри живих дерев показали середній діаметр 32,1 см і середню висоту 18,4 м.



Рис. 3.2 Ділянка 2 (Фазанарій)

У межах огорожі зафіксовано куртину особин *Betula pendula*, які втратили життєздатність і за класифікацією належать до VI категорії (старий сухостій), (рис. 3.3). Дерева стоять без кори, з обламаними скелетними гілками

та ознаками ураження дереворуйнівними грибами й гнилісними процесами. Хвойні породи, зокрема сосна звичайна, перебувають у пригніченому стані з помітним зрідженням крон і пожовтінням хвої (III–IV категорії стану). Імовірною причиною масового всихання є поєднання механічного ущільнення кореневих лап птахами та хімічного стресу від багаторічного накопичення посліду, високі концентрації якого спричиняють відмирання сисних корінців.



Рис. 3.3 Старий сухостій

Ділянка 3 (Прибережжя Ракового озера) поєднує природний гідрофільний екотоп з інтенсивним пішохідним навантаженням. Рельєф улоговини та близькість води сприяли формуванню багатоярусного насадження (рис. 3.4). Вздовж берегової лінії ростуть клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) і верба біла (*Salix alba* L.), у підліску схилів переважає ліщина звичайна (*Corylus avellana* L.). Середні таксаційні показники прибережних кленів: діаметр – 24,6 см, висота – 13,8 м.



Рис. 3.4 Ділянка 3 (Ракове озеро)

Більшість дерев біля урізу води мають нахил стовбурів у бік плеса – природна адаптація в боротьбі за світловий простір над водою, яка водночас знижує вітрову стійкість в умовах парку. За санітарним станом дерева належать переважно до II категорії (ослаблені). Чинниками тиску виступають підпірні стінки та асфальтовані екскурсійні доріжки, що обмежують площу живлення коренів, а також витоптування прибережної смуги відвідувачами.

Для порівняльного аналізу світлового режиму на дослідних локаціях виконали серію вимірювань цифровим люксметром (рис. 3.5). На повністю відкритій ділянці поля для гольфу за прямого сонячного освітлення прилад зафіксував максимальне значення інсоляції 99 300 лк. На відкритому просторі біля вольєрів фазанарію за легкого напівхмарного покриву інсоляція становила 94 800 лк.



Рис. 3.5 Цифровий люксметр

Виміри під наметом насаджень засвідчили виражену просторову диференціацію світлового потоку, зумовлену архітектонікою крон. На Ділянці 2 через всихання беріз і дефоліацію сосен крони сильно зріджені – прилад зафіксував близько 71 480 лк, що відповідає відносній освітленості $E_{відн}$ = 75,4 %. Такий показник є нетиповим для лісових ценозів і вказує на втрату деревостаном захисних та мікрокліматичних функцій.

На Ділянці 3 у місцях з густим багатоярусним покровом ліщини й кленів люксметр зафіксував 283 лк, що відповідає мінімальній відносній освітленості $E_{відн}$ = 28,3%. Щільне затінення свідчить про високу зімкнутість живих крон прибережної зони, яка затримує більшу частину світлового потоку та формує прохолодний вологий мікроклімат. На Ділянці 1 світловий режим відкритий і мозаїчний – молоді лінійні посадки кленів практично не перешкоджають проникненню сонячної радіації, рівень відносної освітленості сягає 85–90 %.

Отримані під час польового обліку лісівничо-таксаційні параметри узагальнено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Лісівничо-таксаційні показники деревного ярусу на дослідних ділянках парку «Межигір'я»

Дослідна ділянка	Домінантні види дерев у ярусі	Середній діаметр стовбура $d_{сер}$, см	Середня висота дерева $h_{сер}$, м
Ділянка 1. Поле для гольфу	Клен гостролистий	16,4	7,5
Ділянка 2. Фазанарій	Береза повисла, сосна звичайна	32,1	18,4
Ділянка 3. Прибережжя Ракового озера	Клен гостролистий, верба біла, ліщина звичайна	24,6	13,8

3.2. Фізико-хімічна характеристика ґрунтового покриву дослідних ділянок

Наступним етапом роботи стало лабораторне дослідження ґрунтових зразків для встановлення базових фізико-хімічних параметрів. Об'єкт аналізу – поверхневий гумусово-акумулятивний горизонт паркових зон (шар 0–20 см), де зосереджена основна маса сисних корінців трав'янистих і деревних рослин (рис. 3.6). Визначення показників актуальної кислотності (pH_{H_2O}) та природної вологості (W) дозволяє оцінити екологічний стан едафотопу під впливом різних форм антропогенного навантаження.



Рис. 3.6 Зразок ґрунту

Як еталон порівняння використали промисловий універсальний ґрунтосубстрат із зафіксованим діапазоном кислотності pH 5,0–7,0. Стандартизований поживний ґрунт забезпечив оптимальні стартові умови для рослин і нівелював похибки, пов’язані з природною неоднорідністю лісових земель.

Аналіз кислотно-лужних властивостей ґрунтових суспензій потенціометричним методом виявив диференціацію показників за дослідними варіантами.

Контрольний субстрат показав pH водної суспензії 6,20 – слабокислий, близький до нейтрального, оптимальний для більшості трав’янистих культур.

На Ділянці 1 (Поле для гольфу) pH становив 6,85 (нейтральний ґрунт). Зсув у бік нейтралізації порівняно з природними фоновими показниками Полісся пояснюється технологією догляду за спортивним газоном — регулярним внесенням мінеральних добрив і періодичним вапнуванням для підтримки життєздатності газонних травосумішей.

На Ділянці 3 (Прибережжя Ракового озера) pH склав 6,15 (нейтральний ґрунт). Такий стан формується під впливом постійного гідрологічного контакту з водою озера та періодичного поверхневого змиву з прилеглих заасфальтованих доріжок під час інтенсивних опадів.

На Ділянці 2 (Фазанарій) pH становив 5,12 – слабокисла реакція. Тут визначальним фактором є тривалий зоогенний пресинг: надходження свіжого пташиного посліду, багатого на азотовмісні органічні сполуки, під час розкладання спричиняє локальне підкислення верхнього шару субстрату.

Гравіметричний аналіз вмісту сухої речовини та природної вологості ґрунту, виконаний висушуванням зразків до постійної маси за температури 105 °C, дозволив оцінити водний режим дослідних локацій.

Найнижчий показник вологості зафіксовано на території фазанарію (Ділянка 2) – 11,4 % (вміст сухої речовини 88,6 %). Причиною є механічне ущільнення поверхні вольєрів птахами: перетворення верхнього горизонту на щільну кірку знижує водопроникність, тож дощова вода стікає по поверхні, а відсутність затінення через всихання беріз посилює випаровування.

На полі для гольфу (Ділянка 1) вологість ґрунту становила 17,6 %. Цей параметр штучно регульований і залежить від графіка роботи автоматичних систем поливу парку. На контрольному варіанті (еталонний універсальний ґрунт) вологість підтримувалася на стабільному рівні 18,2 % для забезпечення фітотесту.

Найвищі значення вологості зафіксовано в прибережній зоні (Ділянка 3) – 28,4 % (вміст сухої речовини 71,6 %). Близькість водойми, капілярне підняття підземних вод і тіньовий мікроклімат під покровом ліщини й кленів мінімізують випаровування й стабільно утримують воду в едафотопі.

Лабораторні дані щодо фізико-хімічного стану досліджуваних субстратів зведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники поверхневого шару ґрунту (0–20 см) на дослідних ділянках парку «Межигір’я»

Дослідний варіант	pH водної суспензії (pH_{H_2O})	Характеристика ґрунту за кислотністю
Контроль (еталонний субстрат)	6,20	Нейтральний (близький до нейтрального)
Ділянка 1. Поле для гольфу	6,85	Нейтральний
Ділянка 2. Фазанарій	5,12	Слабокислий
Ділянка 3. Прибережжя Ракового озера	6,15	Нейтральний (близький до нейтрального)

Таблиця 3.3 – Гравіметричний аналіз вмісту сухої речовини та природної вологості ґрунту

Природна вологість *W*, %	Вміст сухої речовини *D*, %
18,2	81,8
17,6	82,4
11,4	88,6
28,4	71,6

3.3. Інтегральна оцінка токсичності ґрунтів за результатами біотестування

Комплексну екотоксикологічну оцінку та визначення сукупного впливу всіх присутніх у субстраті чинників провели методом лабораторного біотестування з використанням рослинної тест-системи крес-салату (*Lepidium*

sativum L.). Експеримент мав два послідовні етапи: визначення енергії прростання на 3-тю добу та облік на 7-му добу (фінал стандартної методики оцінки ростових параметрів).

Аналіз першого етапу (3-тя доба) виявив диференціацію ростових процесів залежно від типу та ступеня антропогенного навантаження на паркові ґрунти.

На еталонному субстраті (Контроль) насіння крес-салату продемонструвало високі стартові показники: енергія проростання на 3-й день – 96 %, лабораторна схожість на 7-му добу – 98 %. Паростки на купленій універсальній суміші сформували густі, вирівняні вертикальні сходи з насиченим зеленим забарвленням сім'ядольних листків без морфологічних аномалій. Середня довжина проростків (корінь + стебло) на контрольному ґрунті склала 8,2 см, що підтверджує його поживну цінність та доцільність використання як порівняльного стандарту (рис.3.7).



Рис 3.7 Проведення біотестування за домопомогою крест-салату (*Lepidium sativum* L.)

На зразках ґрунту з Ділянки 1 (Поле для гольфу) зафіксовано суттєве гальмування ранніх етапів онтогенезу. Енергія проростання становила 48 % – насіння сходило недружно, частина паростків з’явилася із запізненням. Лабораторна схожість на 7-му добу досягла лише 72 %. Огляд касет (рис. 3.7) показує, що сходи у цьому варіанті є низькими та візуально слабшими за еталон. Середня сумарна довжина рослин на 7-у добу – 4,6 см. Розрахунок за формулою (2.2) дав фітотоксичний ефект 0,44, що за класифікаційною шкалою (таблиця 2.2) відповідає III класу (середня токсичність). Імовірною причиною є накопичення в едафотопі залишків пестицидів, фунгіцидів та специфічних мінеральних комплексів, що використовуються для підтримки спортивного дерну, але лімітують розвиток інших рослин.

На субстраті з Ділянки 3 (Прибережжя Ракового озера) схожість зафіксовано на рівні 78 %, середня сумарна довжина рослин – 5,4 см. Фітотоксичний ефект 0,34 відносить едафотоп прибережної зони до III класу (середня токсичність). Гальмування пояснюється надходженням органічних сполук і евтрофікацією прибережної смуги послідом диких та водоплавних птахів.

Найсильніше пригнічення тест-культури виявлено на зразках ґрунту з Ділянки 2 (Фазанарій). На фото 1 видно, що сходи у крайньому лівому ряду розріджені, мозаїчні, мінімальної висоти. Енергія проростання знизилася до 19 %, лабораторна схожість на 7-му добу не перевищила 32 %. Більшість насінин загнили у субстраті, а поодинокі проростки мали деформовані слабкі корінці та ознаки раннього хлорозу. Середня довжина проростків – 1,8 см. Фітотоксичний ефект 0,78 за наведеною у методиці шкалою відносить ґрунт фазанарію до V класу (надвисока токсичність). Висока концентрація свіжого пташиного посліду спричинила накопичення сечової кислоти та аміачних сполук, які у таких дозах діють як хімічний токсикант, блокуючи ферментативні системи насіння та руйнуючи тканини корінців.

Візуальний аналіз експерименту (через 3 тижні після посіву, рис. 3.8) дозволив оцінити довгострокову стійкість рослин на досліджуваних субстратах.

На зразках Контролю та Поля для гольфу сходи сформували щільну біомасу. Рослини витягнулися у висоту, зберігаючи тургор і насичений зелений колір. У варіанті Ракового озера також спостерігається інтенсивне видовження пагонів, проте густота стеблостою менша, ніж на контролі, а окремі нижні листки мають ознаки пожовтіння.

Динаміка у варіанті Фазанарію свідчить про незворотні зміни. На 3-й тиждень (рис. 3.8 крайній лівий ряд) рослини втратили здатність до нормального вегетаційного розвитку: поодинокі паростки відстають у рості, утворюючи карликові пригнічені форми з тонкими ниткоподібними стеблами без сформованого справжнього листя та вираженим загальним хлорозом. Це підтверджує, що надвисока токсичність зоогенного ґрунту має тривалий хронічний характер та унеможливлює природне поновлення трав'янистого й деревного покриву всередині вольєрних комплексів.



Рис. 3.8 3-й тиждень дослідження інтегральної оцінки токсичності ґрунту

Результати фітотестування та морфометричних замірів на 7-му добу наведено в порівняльній таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники фітотоксичності ґрунтів дослідних ділянок парку «Межигір'я» за реакцією *Lepidium sativum* L.

Дослідний варіант субстрату	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Середня довжина рослини (корінь + стебло), см	Значення ФЕ	Клас та характеристика токсичності ґрунту
Контроль (еталон)	96	98	8,2	–	Токсичність відсутня
Ділянка 1. Поле для гольфу	48	72	4,6	0,44	III клас – середня токсичність
Ділянка 2. Фазанарій	19	32	1,8	0,78	V клас – надвисока токсичність
Ділянка 3. Прибережжя Ракового озера	68	78	5,4	0,34	III клас – середня токсичність

3.4. Комплексний аналіз впливу різних типів антропогенного навантаження на екосистеми парку

Завершальним етапом досліджень став синтез лісівничо-таксаційних, світлових і лабораторних ґрунтових параметрів для формування цілісного уявлення про стан екосистем парку «Межигір'я». Міжкомпонентне зіставлення дозволило виявити причинно-наслідкові зв'язки між специфікою господарського чи зоогенного використання території та ступенем деградації її природних елементів.

За результатами статистичної обробки та інтегрального аналізу чотирьох модельних варіантів сформульовано такі висновки.

Контрольний еталонний субстрат. Куплений універсальний ґрунт із нейтрально-слабокислою реакцією (pH 6,20) забезпечив максимальні

показники проростання насіння (схожість 98 %, середня довжина 8,2 см) і густі життєздатні сходи, що підтверджує біологічну повноцінність посівного матеріалу та достовірність експерименту.

Спортивно-рекреаційний комплекс (Поле для гольфу, Ділянка 1). Демонструє виражений техногенний вплив: регулярний хімічний і механічний догляд за газоном змістив реакцію середовища до нейтральних значень (6,85), а ґрунт набув III класу (середньої) фітотоксичності (ФЕ = 0,44). Це гальмує ранні етапи росту флори (енергія проростання 48 %). Водночас стабільний полив (вологість 17,6 %) допомагає підтримувати сформовані посадки клена гостролистого у задовільному стані (II категорія).

Прибережно-рекреаційна екосистема (Ракове озеро, Ділянка 3). Перебуває у стані помірного екологічного напруження. Надлишкове зволоження (28,4 %) та тіньовий мікроклімат ($Е_{відн}$ = 0,30 %) підтримують прибережні гідрофільні ценози клена, верби та ліщини. Водночас евтрофікація прибережної смуги послідом диких птахів зумовлює накопичення токсикантів середнього рівня (III клас, ФЕ = 0,34), що спричиняє поступове ослаблення берегових дерев (II категорія).

Зоогенна зона деградації (Фазанарій, Ділянка 2). Найкритичніша точка екологічного пресингу. Багаторічний механічний і хімічний тиск у вольєрах спричинив сильне висушування едафотопу (вологість 11,4 %) і сформував V клас надвисокої токсичності субстрату (ФЕ = 0,78) внаслідок надлишку посліду. Це призвело до відмирання кореневих систем беріз повислих та їхнього переходу в категорію старого сухостою (VI категорія), що зруйнувало захисний намет насадження, а також спричинило хронічну деградацію трав’янистих сходів, зафіксовану під час 3-тижневого експерименту.

Для математичного підтвердження вірогідності виявлених відмінностей провели статистичну обробку результатів біометрії проростків за стандартними формулами (2.2–2.4). Стандартне відхилення (*SD*) для довжини корінців не перевищувало 0,42, коефіцієнт варіації (*CV*) перебував у межах 11–14 %, що свідчить про точність лабораторного експерименту. Порівняння

середніх арифметичних значень (*M*) ростових показників крес-салату між дослідними варіантами підтвердило, що депресія росту у варіантах фазанарію та поля для гольфу є статистично значущою за рівня довірчої ймовірності $p \leq 0,05$.

ВИСНОВКИ

1. Оцінка стану деревних насаджень та їхнього світлового режиму виявила суттєву залежність життєздатності рослин від характеру експлуатації конкретних зон парку. На території спортивно-рекреаційного комплексу (Ділянка 1, поле для гольфу) молоді посадки клену гостролистого (*Acer platanoides* L.) перебувають у задовільному лісівничому стані (II категорія – ослаблені), що є нормою для інтенсивно догляданих штучних ландшафтів. Світловий режим тут повністю відкритий (відносна освітленість $E_{відн}$=85-90%), що забезпечує стабільну інсоляцію. У прибережній зоні (Ділянка 3, Ракового озера) сформувався стійкий вологий мікроклімат під щільним багатоярусним наметом клена та ліщини звичайної. Мінімальний рівень відносної освітленості ($E_{відн}$=0,30%) підтверджує високу зімкнутість крон, а самі дерева, попри нахил стовбурів до води, віднесені до II категорії стану. Найбільш деструктивні зміни зафіксовано в зоогенній зоні (Ділянка 2, фазанарій). Масове всихання беріз повислих (*Betula pendula* Roth) та їх перехід у VI категорію (старий сухостій) призвели до критичного зрідження крон і порушення середовищезахисних функцій деревостану ($E_{відн}$=75,4%). Головною причиною деградації є хронічний зоогенний пресинг: ущільнення ґрунту лапами птахів у поєднанні з хімічним стресом від накопичення посліду.

2. Інтегральна оцінка потенційної токсичності ґрунту методом біотестування за допомогою крес-салату (*Lepidium sativum* L.) підтвердила неоднорідність екологічного стану досліджуваних субстратів: субстрати з поля для гольфу та прибережжя Ракового озера віднесені до III класу (середня токсичність) із фітотоксичним ефектом (ФЕ) 0,44 та 0,34 відповідно. На полі для гольфу пригнічення перших етапів онтогенезу (лабораторна схожість 72%) зумовлене залишками добрив та засобів догляду за спортивним газоном, а на Раковому озері – органічним навантаженням від водоплавних птахів. Ґрунт із території фазанарію продемонстрував екстремальну фітотоксичність (V клас, ФЕ = 0,78). Енергія проростання

насіння знизилася до критичних 19%, а лабораторна схожість склала лише 32%. Подальше 3-тижневе спостереження довело хронічний характер цього впливу: поодинокі паростки утворили карликові, уражені хлорозом форми, що вказує на неможливість природного самовідновлення трав'яного чи деревного покриву у вольєрах через надлишок аміачних сполук і сечової кислоти

3. Аналіз фізико-хімічних параметрів едафотопу дозволив встановити чіткі взаємозв'язки між водним, кислотним режимами та рівнем антропогенного навантаження: кислотність ґрунтів коливається від слабокислої (pH = 5,12 у фазанарії) до нейтральної (pH = 6,85 на полі для гольфу). Зсув реакції середовища до нейтральних значень на спортивних майданчиках є наслідком штучного внесення мінеральних комплексів та вапнування. Локальне підкислення у зоозоні зумовлене процесами розкладання органіки пташиного походження. Гравіметричний аналіз виявив суттєве пересушування ґнути у фазанарії (вологість 11,4%, вміст сухої речовини 88,6%), що пов'язано з утворенням щільної поверхневої кірки через витоптування та втратою затінення. Найвищу природну вологість зафіксовано у прибережній екосистемі Ракового озера (28,4%), де близькість дзеркала води та тіньовий режим під наметом лісу мінімізують втрати вологи на випаровування.

4. Науково обґрунтовані рекомендації щодо збереження екосистем парку для покращення екологічного стану досліджених територій пропонується комплекс практичних заходів. У зоозоні (фазанарій): Треба терміново зрізати аварійний старий сухостій беріз, щоб зупинити поширення хвороб дерева. Щоб знизити надвисоку фітотоксичність ґрунту, слід провести глибоке розпушування та обробити землю біологічними деструкторами, які розкладають пташиний послід. Також варто підсадити кущі (наприклад, бузину), які добре переносять надлишок органіки. На полі для гольфу: Потрібно обмежити агресивні мінеральні добрива та хімікати для газону, замінивши їх на безпечніші органо-мінеральні суміші, що зменшить

хімічний пресинг на ґрунт. Також важливо регулярно проколювати дерен (проводити аерацію), щоб земля не перетворювалася на суцільну кірку від коліс техніки. Біля Ракового озера варто захистити прибережну смугу від витоптування – поставити низькі декоративні парканчики чи таблички, які скеровуватимуть людей виключно по асфальтованих доріжках. Коріння кленів та верб біля води корисно засипати деревною тріскою (замульчувати). Щоб зменшити забруднення води й берегів послідом, слід заборонити відвідувачам підгодовувати диких качок хлібом. Для системи моніторингу загалом: У майбутньому бажано додати до спостережень пенетрометрію для точного вимірювання ущільнення ґрунтів, а також робити мікробіологічний аналіз землі, щоб вчасно помічати деградацію паркових екосистем ще до того, як почнуть всихати дерева.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Атраментова Л. О., Утєвська О. М. Статистичні методи в біології : підручник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. 288 с.

2.Балюк С. А., Ладонін В. Ф., Носко Б. С. Ґрунти України: сучасний стан та перспективи використання. Вісник аграрної науки. 2011. № 8. С. 5–10.

3.Бондар О. І., Шевченко Р. Ю., Іваненко І. Б. Удосконалення менеджменту рекреаційного навантаження на природоохоронних територіях України. Екологічні науки. 2024. № 2. С. 215–222.

4.Букша І. Ф., Пастернак В. П., Пивовар Т. С. та ін. Методичні матеріали щодо проведення моніторингу лісів І рівня та забезпечення його якості. Харків : ХНАУ, 2009. 48 с.

5.Валерко Р. А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх екотоксичної оцінки. Вісник ХНАУ. Серія Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. 2013. № 2. С. 262–266.

6.Василюк О., Костюшин В., Норенко К. та ін. Природно-заповідний фонд Київської області. Київ : НЕЦУ, 2012. 338 с.

7.Горелов В. Я. Життєвість деревних рослин (визначення, критерії та оцінка). Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2017. Вип. 75. С. 3–11.

8.Грищенко В. М. Вплив водоплавних птахів на екосистеми рекреаційних водойм. Екологія та ноосферологія. 2020. Т. 31, № 2. С. 45–50.

9.ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ : Держспоживстандарт України, 2003.

10.ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381-1:2002, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2006.

11.ДСТУ ISO 10390:2022. Якість ґрунту. Визначання pH (ISO 10390:2021, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.

12.ДСТУ ISO 11464:2007. Якість ґрунту. Попереднє обробляння зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2009.

13.ДСТУ ISO 11465:2001. Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2002.

14.Дерев'янко Н. В. Агроекологічні аспекти відновлення деградованих ґрунтів рекреаційних зон. Ґрунтознавство. 2019. Т. 20, № 1–2. С. 68–74.

15.Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : Наукова думка, 2012. 344 с.

16.Домусчи С. В., Тригуб В. І. Біотестування як метод визначення екологічного стану міських ґрунтів. Наукові записки Тернопільського НПУ ім. В. Гнатюка. Серія Географія. 2020. Вип. 49, № 2. С. 108–115.

17.Інструкція з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України : Наказ Держбуду України від 24.12.2001 р. № 226. Офіційний вісник України. 2002. № 10. Ст. 489.

18.Кліматичний кадастр України. Центральна геофізична обсерваторія ім. Б. Срезневського. URL: https://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua (дата звернення: 19.01.2026).

19.Ковтонюк А. І. Біорізноманіття деревних рослин парків Києва та Київської області. Інтродукція рослин. 2012. № 3. С. 57–62.

20.Коджебаш А. В., Масловата С. А., Іващенко І. Є. Оцінювання біорізноманіття та санітарного стану деревних насаджень парку села Ладижинка Уманського району. Науковий вісник НЛТУ України. 2025. Т. 35, № 5.

21.Комарчук С. С., Шлапак В. П., Клестов М. Л. та ін. Методичні рекомендації щодо визначення максимального рекреаційного навантаження природних комплексів і об'єктів у межах природно-заповідного фонду України. Київ : Державна служба заповідної справи, 2003. 43 с.

22.Кондратюк І. І. Межигірський монастир та його історія : нарис. Київ : Наукова думка, 1999. 196 с.

23.Кучерявий В. П. Рекреаційне лісокористування : монографія. Львів : Світ, 2004. 340 с.

24.Левон Ф. М. Зелені насадження в антропогенно-трансформованому середовищі. Київ : НВП «Інтерпрес ЛТД», 2008. 364 с.

25.Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень : підручник. Київ : Видавничий центр НАУ, 2001. 246 с.

26.Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України : підручник. 3-тє вид. Київ : Знання, 2005. 511 с.

27.Медведєв В. В. Моніторинг ґрунтів України. Концепція. Попередні результати. Завдання. 2-ге вид. Харків : ТОВ «Городська друкарня», 2012. 536 с.

28.Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство : підручник. 2-ге вид. Чернівці : Книги XXI, 2008. 400 с.

29.Офіційний вебпортал парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір’я». URL: https://mezhyhiria.mepr.gov.ua (дата звернення: 15.11.2025).

30.Парчук Г. В. Правовий режим парків-пам’яток садово-паркового мистецтва в Україні. Часопис Київського університету права. 2015. № 2. С. 258–262.

31.Попович В. В. Біоіндикація техногенних едафотопів Львівського міського сміттєзвалища з допомогою тесту на крес-салат. Вісник ЛДУ БЖД. 2016. № 13. С. 107–111.

32.Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п (дата звернення: 16.11.2025).

33.Про затвердження Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об’єктів природно-заповідного фонду України : Наказ Мінприроди від 22.06.2009 р. № 330. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0679-09 (дата звернення: 15.11.2025).

34.Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. Ст. 546.

35.Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16.06.1992 р. № 2456-XII. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 34. Ст. 502.

36.Про створення парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір'я» : Закон України від 14.07.2023 р. № 3264-IX. Відомості Верховної Ради України. 2023. № 87. Ст. 320.

37.СОУ 02.02-37-476:2006. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. Чинний від 2007. Київ : Мінагрополітики України, 2006. 32 с.

38.Самчук А. І., Стародуб Г. П. Геохімія важких металів у ґрунтах Українського Полісся. Мінералогічний журнал. 2017. Т. 39, № 2. С. 81–89.

39.Санітарні правила в лісах України : Постанова Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 р. № 555 (зі змінами). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п (дата звернення: 14.01.2026).

40.Свириденко В. Є., Бабіч О. Г., Киричок Л. С. Лісівництво : підручник / за ред. В. Є. Свириденка. Київ : Арістей, 2005. 543 с.

41.Федоненко О. В., Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С. Методи біоіндикації та біотестування у моніторингу довкілля : навч. посіб. Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2012. 57 с.

42.Фоменко Н. В. Проблемно-методичні питання визначення величини рекреаційних навантажень на ландшафтні комплекси природно-заповідних рекреаційних територій. Рекреаційні ресурси та їх використання. URL: https://tourlib.net/books_ukr/fomenko37.htm (дата звернення: 09.02.2026).

43.Якубенко Б. Є., Попович С. Ю., Устименко П. М., Дубина Д. В., Чурілов А. М. Геоботаніка: методичні аспекти досліджень : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2017. 368 с.