

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Головня Алевтина Вікторівна

УДК 631.468:631.82+631.468:633.18

ДИСЕРТАЦІЯ

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕКОНСТРУКЦІЇ
МІСЬКОГО ПАРКУ НА ФІЗИЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ

101 Екологія
10 Природничі науки

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Головня А.В.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник: Кунах Ольга Миколаївна,
доктор біологічних наук, професор

Дніпро – 2024

АНОТАЦІЯ

Головня А.В. Екологічна оцінка впливу реконструкції міського парку на фізичний стан ґрунту. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 екологія. – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, 2024.

Реконструкція міського парку – складний процес, який потребує уважного аналізу впливу на природне середовище. Зміни в ландшафтному дизайні можуть мати далекосяжні наслідки на фізичні властивості ґрунту, вимагаючи врахування екологічних аспектів при проєктуванні та виконанні подібних ініціатив. Важливо встановити баланс між рекреаційними потребами містян та збереженням природного середовища для забезпечення сталого розвитку.

Технологічні процеси реконструкції, такі як виїмка ґрунту, вирівнювання, будівництво доріжок, прорідження деревостану, знищення чагарникового підліска та висадка дерев, можуть суттєво змінювати просторову мінливість властивостей ґрунту в міському парку. Однак, реконструкція міського парку дає багато переваг для мешканців міста. Покращується естетичне сприйняття території та підвищується комфорт для відпочинку. Також слід згадати, що відновлення деревних насаджень, що є важливою складовою управління штучними лісовими насадженнями в міському середовищі. Однак про вплив реконструкції міського парку на фізичні властивості ґрунтів відомо мало. Тому метою дисертаційної роботи було дослідити вплив реконструкції міського парку на фізичні властивості ґрунтів.

В дисертації досліджено закономірності трансформації фізичних властивостей міських ґрунтів на прикладі ґрунтів Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (територія парку ім. Ю. Гагаріна) після реконструкції паркової території, а саме щільності ґрунту, його агрегатної структури, електропровідності та вологості ґрунту. На території парку було

закладено 4 полігони, кожний з яких складався з 7 трансект по 15 пробних точок у кожній трансекті. Відстань між рядами в полігоні становила 3 м. У кожній пробній точці виміряні твердість, вологість, температуру та електричну провідність ґрунту. Твердість ґрунту вимірювалась в польових умовах за допомогою ручного пенетрометра *Eijkelkamp* на глибині 100 см з інтервалом 5 см. Середня похибка результатів вимірювань приладу становить $\pm 8\%$. Вимірювання проводили конусом з поперечним перерізом 1 см². У кожній точці вимірювання твердості ґрунту проводилось в одній повторності. Для вимірювання електропровідності ґрунту *insitu* використовували датчик HI 76305, який працював у поєднанні з портативним приладом HI 993310. Агрегатну структуру оцінили методом сухого просівання за Савіновим. Установлено процентний вміст таких фракцій ґрунту: <0,25, 0,25-0,5, 0,5-1, 1-2, 2-3, 3-5, 5-7, 7-10, >10 мм і коріння рослин. Щільність ґрунту оцінили за Качинським, вологість ґрунту – ваговим методом [120]. Вологість ґрунту вимірювали в польових умовах за допомогою діелектричного цифрового вологоміра MG-44. Статистичну обробку інформації проводили із застосуванням пакета програм Statistica 12.

Ці показники у поєднанні з фітоіндикаційними методами дозволили зробити висновки про вплив реконструкції на стан ґрунту та зелені насадження. У роботі доведено високу інформаційну цінність даних показників для ефективного управління парковим середовищем при плануванні реконструкції парків. Дані дистанційного зондування земної поверхні дозволили з'ясувати вплив реконструкції парку на стан рослинного покриву. У зоні реконструкції істотно зменшилась площа територій з високим значенням показника NDVI, який відповідає густим старовіковим насадженням, що відбулось унаслідок видалення старих дерев та санітарної обрізки багатьох інших, що призвело до фрагментації фітоценозу. Такі зміни в структурі рослинного покриву призвели до збільшення проникнення сонячної енергії та зростання кількості енергії, що здатна досягти поверхні ґрунту. Таким чином, доведено вплив реконструкції на зміни показника вологості ґрунту. З'ясовано, що прорідження деревостану та знищення чагарникового підліска значно змінило мікрокліматичний режим у міському парку та підвищило ризики надмірного випаровування вологи з поверхні ґрунту. Ці

зміни можуть мати негативні наслідки для екологічних послуг, які надає ґрунт. Підтверджено зв'язок показника електропровідності з показником вологості ґрунту.

Визначено вплив реконструкційної діяльності на профільний розподіл твердості ґрунту, який призвів до підвищення твердості верхніх шарів ґрунту, що починається від поверхні й поступово зменшується до глибини 35 см. Причиною цього явища може бути вплив на ґрунт технологічних процесів із застосуванням машинної техніки, яка використовувалась під час реконструкції парку. За допомогою загальної лінійної моделі встановлено, що особливості досліджуваного полігону ($F = 4,04$, $p < 0,001$) та наявність реконструкційної території ($F = 150,8$, $p < 0,001$), дають можливість статистично вірогідно пояснити варіювання твердості ґрунту. На глибині 5-20 см просторова неоднорідність (категоріальна змінна, яка позначає відповідний полігон) та вплив реконструкції парку пояснюють 50-55 % варіювання твердості ґрунту, а на глибині 60-75 см – 51 % варіювання твердості. При цьому полігон, який виступає маркером просторової неоднорідності ґрунтових умов, що не залежить від реконструкції, найбільшою мірою позначився на варіюванні твердості ґрунту на глибині 5-30 та 55-95 см, у той час, як вплив реконструкції найбільш істотно вплинув на твердість на глибині 0-5 та 45-100 см. Переуцільнення ґрунту негативно позначається на його властивостях, як середовища існування рослин і тварин.

Дослідження впливу реконструкції на агрегатну структуру ґрунту, дозволили встановити, що на полігонах 1 і 2, які зазнали впливу реконструкції, збільшується вміст мікрофракцій у порівнянні з не реконструйованими ділянками, і складає 31,56% та 35,58% відповідно. Пробний полігон 1 значно відрізняється від інших полігонів тим, що має найнижчий вміст макрофракцій, а також мезоагрегатів розміром від 3 до 10 мм. Разом з тим на даному полігоні відмічається значний вміст фракцій розміром від 0,25 до 2 мм. Пробні полігони 1 і 2 також переважають за вмістом мікроагрегатів розміром 0,25-0,5 мм. При цьому на полігонах 3 і 4, які не зазнали реконструкції, спостерігається домінування

мезоагрегатів розміром від 2 до 5 мм у порівнянні з полігонами, на яких відбулась реконструкція.

Встановлено, що вплив реконструкції негативно позначився на агрегатній структурі ґрунту, призвівши до помітного зростання мікроагрегатів і відповідного зменшення мезоагрегатів, сприятливих для зростання фітоценозу та життєдіяльності ґрунтової біоти. У роботі доведено можливість здійснення процедури диференціації полігонів за особливостями агрегатної структури із застосуванням дискримінантного аналізу.

Для визначення, як саме реконструкція вплинула на якість ґрунту, було виміряно електропровідності ґрунту на всіх досліджуваних полігонах. Середні показники електропровідності ґрунту на полігонах 1 та 2 складають 0,33 та 0,31 дСм/м відповідно. Полігон 3 характеризується найнижчим середнім показником – 0,21 дСм/м, а 4 – найвищим і складає 0,44 дСм/м. Максимальне значення електричної провідності 0,83 дСм/м спостерігається на 3 і 4 полігоні. Для 1 та 2 полігонів характерні максимальні значення 0,70-0,72 дСм/м. Розподіл значень електропровідності на досліджуваних полігонах не має чітко встановленого характеру. Так, розподіл значень на 1 та 2 полігонах, які зазнали вплив реконструкції, а також на 3, який не зазнав реконструкції, мають дзвоноподібний вигляд.

На даних полігонах також проводилось вимірювання вологості ґрунту та встановлено залежність електропровідності ґрунту від його вологості. Якщо розглянути залежність електропровідності ґрунту від його вологості, то ми побачимо, що між цими показниками наявний статистично вірогідний зв'язок (p від 0,0007 до 0,029). Тобто, на усіх полігонах простежується тренд збільшення електропровідності ґрунту при зростанні його вологості, хоча на різних полігонах ступінь цієї залежності дещо різна.

На досліджувальних полігонах спостерігалась залежність фітоіндикаційної оцінки рівня гемеробії від електропровідності ґрунту. Було встановлено, що на першому і другому полігонах, які зазнали значного впливу реконструкції, між показником гемеробії та електропровідністю ґрунту існує статистично достовірний зв'язок ($p < 0,001$). Зі збільшенням гемеробії зростає

електропровідність ґрунту, і ця залежність має лінійний характер. А на третьому та четвертому полігонах, на яких реконструкція не проводилась, такої залежності між вище зазначеними показниками не існує ($p=0,09$ та $0,38$ відповідно).

Оцінено можливість експрес-діагностики рівня гемеробії за показником електричної провідності ґрунту. З'ясовано, що зміни показника електропровідності ґрунту мають позитивний лінійний зв'язок зі змінами показника гемеробії, який відображає ступінь трансформації рослинного угруповання внаслідок антропогенного впливу.

У роботі доведено, що дослідження фізичного стану ґрунтів у міських парках надає інформацію для ефективного управління парковим середовищем, забезпечує стійкість та оптимізацію їх екосистемних функцій в цілому, а також може використовуватись для планування реконструкцій паркових територій.

Отримані результати про реконструкцію паркових територій мають важливе практичне значення для розробки ефективних заходів щодо проведення детального аналізу стану парку, дослідження основних проблем та можливостей для покращення якості фізичних властивостей ґрунту. Саме фізичні властивості надають можливість оцінити екологічні аспекти та вплив реконструкції на природне середовище. Захистити та зберегти наявні природні елементи, такі як дерева, водойми, та зони з високою екологічною цінністю. Впровадити культурні та освітні програми для підвищення свідомості громадськості про важливість збереження та використання паркових зон. Розробити план сталого управління парком, включаючи систему догляду, моніторингу та реагування на зміни. Реконструкція паркових територій може бути успішною, коли враховані екологічні, соціальні та естетичні аспекти, сприяючи створенню природних та комфортних міських середовищ.

За результатами досліджень розроблено і впроваджено систему моніторингу фізичних властивостей ґрунту під час та після реконструкції, для вчасного виявлення будь-яких змін та впровадження відповідних заходів.

Ключові слова: NDVI, реконструкція, відновлення, екосистемні послуги, твердість ґрунту, агрегатна структура ґрунту; електропровідність ґрунту, гемеробія, вологість ґрунту, ґрунт, паркові насадження, урбоекосистема.

SUMMARY

Golovnya A.V. Ecological assessment of the impact of the reconstruction of a city park on the physical state of the soil. Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation for the degree Doctor of Philosophy (Ph.D.) on a specialty 101 – ecology. – OlesHonchar Dnipro National University, Dnipro, 2024.

Urban park renovation is a complex process that requires careful analysis of the impact on the natural environment. Changes in landscape design can have far-reaching effects on the physical properties of the soil, requiring environmental considerations to be taken into account when designing and implementing such initiatives. It is important to strike a balance between the recreational needs of citizens and the preservation of the natural environment to ensure sustainable development.

Technological processes of reconstruction, such as excavation, leveling, path construction, tree thinning, shrub undergrowth destruction, and tree planting, can significantly change the spatial variability of soil properties in an urban park. However, the reconstruction of a city park brings many benefits to city residents. It improves the aesthetic perception of the territory and increases comfort for recreation. It is also worth mentioning that the restoration of tree plantations is an important component of managing artificial forest plantations in the urban environment. However, little is known about the impact of urban park reconstruction on the physical properties of soils. Therefore, the purpose of this thesis was to investigate the impact of urban park reconstruction on the physical properties of soils.

The thesis investigates the patterns of transformation of the physical properties of urban soils on the example of the soils of the Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro

National University (the territory of Yuri Gagarin Park) after the reconstruction of the park territory, namely soil density, its aggregate structure, electrical conductivity and soil moisture. Four test sites were laid out in the park, each consisting of 7 transects with 15 test points in each transect. The distance between the rows in the polygon was 3 meters. Soil hardness, moisture content, temperature and electrical conductivity were measured at each test point. Soil hardness was measured in the field using a hand-held Eijkelkamp penetrometer at a depth of 100 cm at 5 cm intervals, with an average measurement error of $\pm 8\%$. The measurements were made with a cone with a cross-section of 1 cm². At each point, the soil hardness was measured in one repetition. To measure the electrical conductivity of the soil in situ, the HI 76305 sensor was used in combination with the HI 993310 portable device. The aggregate structure was assessed using the Savinov dry sieving method. The percentage of the following soil fractions was determined: <0,25, 0,25-0,5, 0,5-1, 1-2, 2-3, 3-5, 5-7, 7-10, >10 mm and plant roots. The percentage of soil fractions (<0,25, 0,25-0,5, 0,5-1, 1-2, 2-3, 3-5, 5-7, 7-10, >10 mm) and plant roots was determined. Soil density was estimated by Kaczynski, and soil moisture by the weight method [120]. Soil moisture was measured in the field using a dielectric digital moisture tester MG-44 (vlagomer.com.ua). Statistical data processing was performed using the Statistica 12 software package.

These indicators, combined with phytoindication methods, allowed us to draw conclusions about the impact of reconstruction on the condition of the soil and green spaces. The research paper proves the high informational value of these indicators for the effective management of the park environment when planning park reconstruction. Remote sensing data made it possible to determine the impact of the park reconstruction on the state of the vegetation cover. In the reconstruction zone, the area of territories with a high NDVI value, which corresponds to dense old-growth plantations, has significantly decreased due to the removal of old trees and sanitary pruning of many others, which led to the fragmentation of the phytocoenosis.

In the reconstruction zone, the area of territories with high NDVI values, corresponding to dense old-growth plantations, significantly decreased due to the removal of old trees and sanitary pruning of many others, resulting in the fragmentation of the phytocoenosis. Such changes in the structure of the vegetation cover led to an

increase in solar energy penetration and to an increase in the amount of energy that can reach the soil surface. Thus, the impact of reconstruction on changes in soil moisture has been demonstrated. It was found that thinning of the tree stand and destruction of the shrub undergrowth significantly changed the microclimatic regime in the city park and increased the risk of excessive evaporation of moisture from the soil surface. These changes can have negative consequences for the ecological services provided by the soil. The correlation between electrical conductivity and soil moisture was confirmed.

The influence of reconstruction activities on the profile distribution of soil hardness was determined, which led to an increase in the hardness of the upper layers of soil, starting from the surface and gradually decreasing to a depth of 35 cm. The reason for this phenomenon may be the impact on the soil of technological processes involving machinery used during the reconstruction of the park. The use of a general linear model allowed us to establish that the features of the test site ($F=4,04$, $p < 0,001$) and the presence of site reconstruction ($F = 150,8$, $p < 0,001$) make it possible to explain the variation in soil hardness. At a depth of 5-20 cm, spatial heterogeneity (a categorical variable denoting the respective landfill) and the impact of park reconstruction explain 50-55% of the variation in soil hardness, and at a depth of 60-75 cm, 51% of the variation in hardness. The landfill, which serves as a marker of spatial heterogeneity in soil conditions that is independent of reconstruction, had the greatest impact on soil hardness variation at depths of 5-30 and 55-95 cm, while the impact of reconstruction had the most significant effect on hardness at depths of 0-5 and 45-100 cm. Soil over-compaction negatively affects its properties as a habitat for plants and animals.

The study of the impact of reconstruction on soil structure revealed that the content of microfractions at test sites 1 and 2, which were affected by reconstruction, increased compared to unreconstructed areas, and amounted to 31,56% and 35,58%, respectively. Test site 1 differs significantly from other test sites in that it has the lowest content of macrofractions and meso-aggregates ranging in size from 3 to 10 mm. At the same time, a significant content of fractions ranging in size from 0,25 to 2 mm is noted at this landfill. Test sites 1 and 2 also prevail in terms of the content of micro-aggregates with a size of 0,25-0,5 mm. At the same time, at test sites 3 and 4, which have not been

reconstructed, there is a dominance of meso-aggregates with a size of 2 to 5 mm compared to the test sites that have been reconstructed.

It was found that the impact of reconstruction negatively affected the aggregate structure of the soil, leading to a noticeable increase in microaggregates and a corresponding decrease in mesoaggregates, which are favourable for the growth of phytocoenosis and the vital activity of soil biota. The research paper proves the possibility of differentiating landfills by the features of their aggregate structure using discriminant analysis.

To determine how the reconstruction affected the soil quality, we measured the electrical conductivity of the soil at all the studied landfills. The average soil electrical conductivity at landfills 1 and 2 is 0,33 and 0,31 dS/m, respectively. Landfill 3 is characterized by the lowest average value of 0,21 dS/m, and Landfill 4 has the highest value of 0,44 dS/m. The maximum value of electrical conductivity of 0,83 dS/m is observed at sites 3 and 4. The maximum values of 0,70-0,72 dS/m are characteristic of landfills 1 and 2. The distribution of electrical conductivity values at the studied landfills does not have a clearly defined character. Thus, the distribution of values at landfills 1 and 2, which were affected by reconstruction, as well as at landfill 3, which was not reconstructed, has a bell-shaped appearance.

Soil moisture was also measured at these landfills and the dependence of soil electrical conductivity on soil moisture was determined. If we look at the dependence of soil electrical conductivity on soil moisture, we see that there is a statistically significant relationship between these indicators (p from 0,0007 to 0,029). That is, at all the test sites, there is a trend of increasing soil electrical conductivity with increasing soil moisture, although the degree of this dependence is somewhat different at different sites.

The dependence of phytoindicative assessment of the level of hemerobia on soil electrical conductivity was observed at the research sites. It was found that at the first and second landfills, which were significantly affected by reconstruction, there is a statistically significant relationship between the hemerobia index and soil electrical conductivity ($p < 0.001$). With an increase in hemerobicity, the electrical conductivity of the soil increases, and this relationship is linear. At the third and fourth landfills, where

no reconstruction was carried out, there is no such relationship between the above indicators ($p=0,09$ and $0,38$, respectively).

The possibility of rapid diagnostics of the level of hemerobia by the indicator of soil electrical conductivity was estimated. It has been found that changes in soil electrical conductivity have a positive linear relationship with changes in hemerobia, which reflects the degree of transformation of the plant community as a result of anthropogenic impact.

The research paper proves that the study of the physical condition of soils in urban parks provides information for effective management of the park environment, ensures the sustainability and optimisation of their ecosystem functions in general, and can be used to plan the reconstruction of park areas.

The results obtained on the reconstruction of park territories are of great practical importance for the development of effective measures to conduct a detailed analysis of the park's condition, to study the main problems and opportunities for improving the quality of soil physical properties. It is the physical properties that make it possible to assess the environmental aspects and impact of reconstruction on the natural environment. Protect and preserve existing natural elements such as trees, ponds, and areas of high ecological value. Introduce cultural and educational programs to raise public awareness of the importance of preserving and using park areas. Develop a plan for sustainable management of the park, including a system of care, monitoring and response to changes. Reconstruction of park areas can be successful when environmental, social and aesthetic aspects are taken into account, contributing to the creation of natural and comfortable urban environments.

Based on the results of the research, a system for monitoring the physical properties of the soil during and after reconstruction was developed and implemented to detect any changes in time and implement appropriate measures.

Keywords: NDVI, reconstruction, restoration, ecosystem services, soil hardness, soil aggregate structure; soil electrical conductivity, hemerobia, soil moisture, soil, parkland, urban ecosystem.

Список публікацій здобувача, в яких висвітлено основні наукові результати дисертації

У виданнях, які включені до наукометричних баз Web of Science та Scopus

1. Olga M. Kunakh, Nadia V. Yorkina, Natalia M. Turovtseva, Julia L. Bredikhina, Julia O. Balyuk, **Alevtina V. Golovnya** (2021) Effect of Urban Park Reconstruction on Physical Soil Properties. *Ecologia Balkanica*, vol. 13, issue 2 – Whole issue, 57-73 http://web.uni-plovdiv.bg/mollov/EB/2021_vol13_iss2/057-073_eb.21124.pdf (**Scopus – 4-й квартиль**) (*особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

Публікації в наукових фахових виданнях України

2. **Головня А.В.**, Кунах О.М. (2023) Вплив реконструкції на паркові насадження урбоекосистеми на прикладі ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Том 52, 2023. ISSN 2073-8331. <https://doi.org/10.15421/442304> (**Фахова, категорії Б**) (*особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

3. **Golovnya, A. V.** (2023). The impact of the Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University reconstruction on the soil aggregate structure. *Ecology and Noospherology*, 34(2), 123–127. doi:10.15421/032319. <https://doi.org/10.15421/032319> (**Фахова, категорії Б**)

Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. **Головня А.**, Кунах О. (2021) Вплив реконструкції ботанічного саду м. Дніпро на фізичні властивості ґрунту Вплив реконструкції Ботанічного саду м. Дніпро на фізичні властивості ґрунту. *Proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference Toronto, Canada 21-23 April 2021.* – С. 340-347. (*особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).

5. **Holovnia A. V.**, Kunakh O. M. (2021) Biological diversity of the soil macrofauna communities of Oles Honchar Dnipro National University Botanical

Garden. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали XI Міжнародної наукової конференції «Zoocenosis–2021». Дніпро, 10–12.11.2021 р., Ліра, 2021. – С. 28-29. *(особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*

6. **Головня А.В.**, Кунах О.М. (2023) Екологічна оцінка наслідки реконструкції Ботанічного саду за агрегатною структурою ґрунту. Recent Trends in Science: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Internet Conference, May 4-5, 2023. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 325 p. ISBN 978-617-8293-05-5. *(особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*

7. **Holovnia A. V.** (2023) Biodiversity of plant communities of Oles Honchar Dnipro National University Botanical Garden. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали XII Міжнародної наукової конференції присвяченої 105-річчю Дніпровського Національного Університету імені Олеся Гончара. – Дніпро: Середняк Т. К., 2023, – 86 с. ISBN 978-617-8139-09-4.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1 ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ПАРКОВИХ ЗОН НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ	22
1.1 Роль зелених насаджень на урбанізованих територіях	22
1.2 Ґрунтовий покрив у містах	28
1.3 Вплив реконструкції на фізичні властивості ґрунту	31
1.3.1 Агрегатна структура ґрунту	33
1.3.2 Електропровідність ґрунту	34
1.3.3 Твердість ґрунтового профілю	38
1.4 Вплив рослинності на фізичні властивості ґрунту	41
РОЗДІЛ 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
2.1 Клімат.....	47
2.2 Геоморфологія та геологія	48
2.3 Ґрунтовий покрив	51
2.4 Рослинність.....	55
2.5 Тваринний світ.....	57
2.6 Екологічна ситуація.....	58
РОЗДІЛ 3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	63
РОЗДІЛ 4 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗЕЛЕНОГО НАСАДЖЕННЯ ПАРКОВОЇ ТЕРИТОРІЇ ЗА ТВЕРДІСТЮ ҐРУНТУ	70
4.1 Варіаційні показники твердості ґрунту на досліджуваних полігонах	74
4.2 Екологічна оцінка показників твердості на досліджуваних полігонах	79
Висновки до розділу 4	84

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕКОНСТРУКЦІЇЗЕЛЕНОГО НАСАДЖЕННЯ ПАРКОВОЇ ТЕРИТОРІЇЗА АГРЕГАТНОЮ СТРУКТУРОЮ ҐРУНТУ	85
Висновки до розділу 5	87
РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕКОНСТРУКЦІЇЗЕЛЕНОГО НАСАДЖЕННЯ ПАРКОВОЇ ТЕРИТОРІЇЗА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЮ ТА ВОЛОГІСТЮ ҐРУНТУ	89
Висновки до розділу 6	94
ВИСНОВКИ	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96
ДОДАТОК А.....	121
ОПИСОВІ СТАТИСТИКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ	121
ДОДАТОК Б	122

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Міські парки відіграють ключову роль у забезпеченні екологічної різноманітності та рекреації для місцевих мешканців. Реконструкція міського парку є важливою ініціативою, спрямованою на поліпшення інфраструктури та комфорту для відвідувачів. Серед різноманітних чинників, що мають вплив на довкілля, особлива увага повинна приділятися антропогенним, які у даний період існування людства, мають найістотніші наслідки, і вплив яких не можна недооцінювати. Проте, важливо також розглядати можливий вплив цих проєктів на природне середовище, зокрема, на фізичні властивості ґрунту. Реконструкція повинна бути не лише естетичною, але й екологічною. Збереження природи та створення умов для розвитку різноманітних екосистем важливо для забезпечення екологічної стабільності міста. Впровадження енергоефективних технологій, використання екологічно чистих матеріалів - це кроки у напрямку сталого розвитку. Екологічне відновлення міських парків використовується для підвищення їх рекреаційної привабливості, покращення якості повітря, пом'якшення ефектів міських теплових островів, покращення інфільтрації зливових стоків та забезпечення інших соціальних та екологічних переваг. Міська зелена зона привернула значну увагу протягом останніх десятиліть через її актуальність для збереження дикої природи, добробуту людини та адаптації до зміни клімату.

Одним з ключових аспектів реконструкції міського парку є зміна ландшафтного покриття та введення нових елементів, таких як стежки, майданчики, альтанки тощо. Ці зміни можуть вплинути на фізичні властивості ґрунту. Наприклад, додавання асфальтованих стежок може призвести до змін у водопроникності ґрунту. Раніше проникання води в ґрунт відбувалося природним шляхом, а нові покриття можуть обмежити цей процес. Це може мати наслідком збільшення ризику повеней та зміни власних властивостей ґрунту. Будівництво споруд та інших елементів інфраструктури може призвести до ущільнення ґрунту, що впливає на його аерацію та дренаж. Це може призвести до зниження родючості ґрунту та збільшення його вразливості до ерозії.

Реконструкція міського парку – це складний, багатозадачний процес, який потребує уважного аналізу впливу на навколишнє середовище. Зміни у ландшафтному дизайні можуть мати далекосяжні негативні наслідки на фізичні властивості ґрунту, вимагаючи звертати увагу на екологічні аспекти при проєктуванні та виконанні подібних робіт. Важливо утримати баланс між рекреаційними потребами міських мешканців і збереженням природного середовища за для забезпечення сталого розвитку.

Втрата біорізноманіття та деградація екосистем у всьому світі вимагають формування нових концепцій екологічних відновлень та реконструкцій, спрямованих на покращення функцій екосистемних послуг та збереження біорізноманіття в містах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами.

Дисертаційна робота виконана в 2019-2024 рр. у руслі наукової програми кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара як частина державних науково-дослідних тем: («Функціональна роль зооценозу міських територій Степової зони України» (№ ДР 0120U102289, 2019-2021 рр.), «Функціональна роль консументів в антропогенно-трансформованих екосистемах степового Придніпров'я» (№ ДР 0122U001455, 2022-2024 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є встановити закономірності трансформації фізичного стану ґрунтів під впливом реконструкції міського парку для екологічної оцінки стану зелених насаджень загального користування.

Для реалізації зазначеної мети передбачається виконання таких завдань:

1. Встановити інформаційну цінність фізичних властивостей ґрунтів міських парків для ефективного управління парковим середовищем при плануванні реконструкції парків.
2. Встановити наслідки реконструкції для вологості ґрунту.
3. Визначити вплив реконструкційної діяльності на профільний розподіл твердості ґрунту.
4. Встановити вплив реконструкції на зміни агрегатної структури ґрунту.

5. Оцінити можливість експрес-діагностики рівня гемеробії за показниками електричної провідності ґрунту.

Об'єкт дослідження. Реконструкція зелених насаджень загального користування як інструмент оптимізації міського середовища.

Предмет дослідження. Трансформація фізичного стану ґрунту як основа для екологічної оцінки реконструкції міського парку.

Методи дослідження. На території парку було закладено 4 полігони, кожний з яких складався з 7 трансект по 15 пробних точок у кожній трансекті. Відстань між рядами в полігоні становила 3 м. У кожній пробній точці виміряні твердість, вологість, температуру та електричну провідність ґрунту. Твердість ґрунту вимірювалась в польових умовах за допомогою ручного пенетрометра *Eijkelkamp* на глибину 100 см з інтервалом 5 см. Середня похибка результатів вимірювань приладу складає $\pm 8\%$. Вимірювання проводили конусом з поперечним перерізом 1 см². У кожній точці вимірювання твердості ґрунту, проводилось в одній повторності. Для вимірювання електропровідності ґрунту *in situ* використовували датчик HI 76305, який працював у поєднанні з портативним приладом HI 993310. Агрегатна структура визначалась методом сухого просівання за Савіновим. Установлено процентний вміст таких фракцій: <0,25, 0,25-0,5, 0,5-1, 1-2, 2-3, 3-5, 5-7, 7-10, >10 мм і коріння рослин. Щільність ґрунту оцінена за Качинським, вологість ґрунту – ваговим методом [120]. Вологість ґрунту вимірювали в польових умовах за допомогою діелектричного цифрового вологоміра MG-44 (vlagomer.com.ua). Статистичну обробку інформації проводили із застосуванням пакету програм Statistica12.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

- встановлені закономірності варіювання фізичних властивостей залежно від проведення реконструктивних процесів;
- встановлені ризики дефіциту вологи ґрунту внаслідок реконструкції парку для оптимального функціонування рослинного покриву протягом вегетаційного періоду;

- доведено, що реконструкція парку призводить до ущільнення верхнього шару ґрунту, що підсилює негативний вплив дефіциту вологи;

- запропоновано як експрес-маркер гемеробії за умов реконструкції парку застосовувати показник електричної провідності ґрунту.

Удосконалено та доповнено:

- методику дослідження впливу реконструкції міського парку на просторове варіювання фізичних властивостей ґрунту;

- процедуру оцінки екосистемних функцій з урахуванням фізичного стану ґрунтового покриву;

- уявлення про агрегатний склад ґрунту як маркер умов існування ґрунтової біоти.

Набула подальшого розвитку:

- концепція гемеробії для вирішення питання оптимального планування реконструкції міських парків.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати про реконструкцію паркових територій мають важливе практичне значення для розробки ефективних заходів щодо проведення детального аналізу стану парку, дослідження основних проблем та можливостей для покращення якості фізичних властивостей ґрунту. Фізичні властивості дають можливість оцінити екологічні аспекти та вплив реконструкції на природне середовище. Захистити та зберегти існуючі природні елементи, такі як дерева, водойми, та зони з високою екологічною цінністю. Впровадити культурні та освітні програми для підвищення свідомості громадськості про важливість збереження та використання паркових зон. Розробити план сталого управління парком, включаючи систему догляду, моніторингу та реагування на зміни. Реконструкція паркових територій може бути успішною, коли враховані екологічні, соціальні та естетичні аспекти, сприяючи створенню природних та комфортних міських середовищ.

Основні теоретичні положення й матеріали дисертації застосовуються при викладанні дисциплін: «Моніторинг довкілля», «Концептуальні принципи та методологія екології», «Технології аналізу екологічної інформації», «Еколого-експертна оцінка впливу на довкілля». На основі отриманих даних розроблено

рекомендації щодо можливих заходів для покращення стану ґрунту та його використання у рекреаційних цілях.

Особистий внесок здобувача. Авторка дисертації розробила план дослідження, провела аналіз сучасної наукової літератури, брала участь у зборі польових експериментальних матеріалів та їх лабораторному опрацюванні, особисто складала схеми, виконала аналіз та обробку отриманих наукових результатів, безпосередньо брала участь в апробації результатів та підготовці матеріалів до друку в наукових виданнях. Концептуальні рішення та обґрунтування нового напрямку досліджень, які знайшли своє відображення у висновках, науковій новизні та практичних рекомендаціях, є науковим результатом авторки дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень доповідались і обговорювалися на щорічних засіданнях кафедри «Зоології та екології»; на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (Дніпро, 2020–2024 рр.); Приймала участь в VIII науково-практичній конференції «World science: problems, prospects and innovations», Торонто, 21-23 квітня 2021 р.; на WORLD SCIENCE: PROBLEMS, PROSPECTS AND INNOVATIONS Proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference Toronto, Canada 21-23 April 2021. – С. 340-348; XI Міжнародній науковій конференції «Zoocenosis-2021», м. Дніпро, 10–12 листопада 2021 р.; Recent Trends in Science: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Internet Conference, Dnipro, May 4-5, 2023; XII Міжнародна наукова конференція присвячена 105-річчю Дніпровського Національного Університету імені Олеся Гончара Дніпро, Україна, 13–15 листопада 2023 р.

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 7 наукових працях, із них 1 – у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Web of Science або Scopus, 2 з яких входять до переліку «В» фахових, 4 – матеріали наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 223 сторінках комп'ютерного тексту й складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку

використаних джерел 227 та додатків. Вона містить 11 таблиць і 14 рисунків. Список літературних посилань містить 227 джерел, 182 з яких – англійською мовою

РОЗДІЛ 1 ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ПАРКОВИХ ЗОН НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

1.1 Роль зелених насаджень на урбанізованих територіях

Ще в середині 19 століття ландшафтні архітектори, медики та екологи почали виступати за природу в місті, а натуралістичні громадські парки, були створені для того, щоб представити природу як джерело естетичної насолоди та пасивного відтворення для мешканців міста [80, 102]. Ідеї міської природи продовжували розвиватися, і в останні десятиліття ми стали свідками створення «екологічних парків» у межах міст [147]. Тут, окрім задоволення і відпочинку людей, міська природа управляється заради її власної цінності – забезпечення середовища існування для тварин, збереження рідкісних і зникаючих видів рослин та відновлення цілих екологічних спільнот, які колись існували до того, як місто стало «заасфальтованим раєм» [160].

Еволюція паркового дизайну пішла далеко вперед, щоб повернути природу в місто, та для досягнення значного прогресу у використанні ключової ролі міських парків у зміцненні зв'язків між природою та людиною [102]. Навпаки, деякі сучасні спроби екологічного відновлення міських парків можуть віддалити людей від природи ще більше, ніж попередні натуралістичні проєкти, що призведе до форми відстороненого спостереження, схожого на те, що можна відчутти в музеї. Замість того, щоб створити міст між природою і містом, а не створювати реставрацію парків, яка може замкнути природу у «воротах раю», а людей залишити ззовні спостерігати за нею [158, 221].

Для успішного проєктування екологічних парків у містах необхідно приділяти стільки ж уваги людським цінностям, пов'язаним з природою, скільки й екологічним, таким як здоров'я екосистем та біорізноманіття, а не спричиняти «музеєфікацію природи» [160].

У багатьох місцях ці перевтілення природи в місті миттєво стали популярними, і зі зростанням їхнього використання відбувалася деградація ґрунту, декоративних насаджень та паркових облаштувань. На відміну від приватних

садиб, які вперше започаткували натуралістичний ландшафтний дизайн, громадські парки стали чудовим експериментом у сфері забезпечення рівності у відкритому просторі [28, 98, 121], і багато користувачів міських парків були звичайними людьми, які не звикли ставитися до природи як до картини. Дорослі люди бачили природу набагато більш красивою, інтерактивною і функціональною, тому для них збирання квітів, прогулянки поза стежками та використання паркового простору для більш активного відпочинку здавалося цілком адекватною поведінкою, що пов'язана з природою [140, 193].

Екологічне відновлення охоплює діяльність із землеустрою, спрямовану на повернення структури, складу та функцій пошкодженої або деградованої екосистеми до ключової історичної траєкторії для досягнення цілей здоров'я, цілісності та стійкості екосистеми [94].

Першим кроком у планах реконструкції є розпізнавання поточних природних умов та визначення реліктових природних екосистем, які стануть притулками для місцевої флори та фауни. У процесі відновлення ці ділянки мають величезне значення як джерела формування місцевих екосистем [21, 69, 186]. На даному кроці необхідно провести вимірювання, спрямовані на відновлення фрагментів, що зазнали найбільшої трансформації [217].

Міські екосистеми відіграють особливо важливу роль у забезпеченні функцій, які безпосередньо впливають на здоров'я та безпеку людини, таких як очищення повітря, зниження рівня шуму, охолодження міста та пом'якшення наслідків зливових стоків [55, 161]. Міські ґрунти та рослинний покрив перебувають під значним впливом людського середовища [37, 128, 170]. Вони можуть відрізнятися від своїх природних аналогів і варіюватися від псевдо природних до штучних ґрунтів та інтродукованих видів рослин [88, 93]. Рослинні угруповання та ґрунти, подібні до природних, характерні для рекреаційних зон та приміських територій [59, 83, 100]. Міські ґрунти відіграють кілька ролей у міських екосистемах [75]. Більш порушені рослинні угруповання та штучні ґрунти зустрічаються на промислових територіях [77, 107] та узбіччях доріг [145, 181]. Основні екологічні режими життя рослин, такі як ґрунт, дощова вода, повітря та світло, зазнають значних змін у міському середовищі [67, 79, 82]. Незважаючи на

високий рівень порушення, які є характерні для більшості міських ґрунтів, вони здатні підтримувати рослинні, тваринні [60, 69, 168] та мікроорганізмові, а також виступати посередниками в гідрологічних та біогеохімічних циклах [56, 80, 104].

Рослинність і ґрунти в міських ландшафтах забезпечують ключові екосистемні послуги для мешканців міста [97, 108, 208], такі як збереження біорізноманіття, захист водних ресурсів, регулювання мікроклімату, поглинання вуглецю, виробництво продуктів харчування, культурні та рекреаційні потреби [51, 106, 115]. Дерев та чагарники в містах поглинають забруднюючі речовини, що викидаються промисловістю та транспортом [69, 154, 169]. Ґрунти та рослинність у міських парках сприяють захопленню вуглецю та накопиченню азоту [40, 102, 114]. Міський ліс – це сукупність усієї рослинності на території міста, включаючи дерева, чагарники, газони та первинні ґрунти [42, 113, 140]. Міські парки – це рекреаційні зони та зелені насадження, які забезпечують основні функції та послуги для мешканців міста [175]. Під час пандемій міські парки відіграють критично важливу роль у міському середовищі. Міські парки та великі відкриті простори на свіжому повітрі можуть забезпечити мешканцям місце для безпечного активного відпочинку та соціальної взаємодії в зеленому середовищі під час пандемій, а також слугувати буферною зоною для підтримання здорового способу та якості життя [167]. Міська зелень регулює мікроклімат, пом'якшуючи явище міського острова тепла [44, 127, 192].

Ґрунти міських парків створюють умови для росту і розвитку рослин [63, 83, 112]. Міські ґрунти зазнають високого рівня антропогенного впливу [53, 61, 95]. Міське середовище має унікальний набір специфічних особливостей і процесів (наприклад, ущільнення ґрунту, функціональне зонування, історія заселення), які впливають на властивості ґрунтів та їхню просторову мінливість [68]. Часова динаміка є результатом антропогенних процесів, таких як управління зеленими насадженнями та їх реконструкція [64, 138]. Після моменту первинного антропогенного порушення вплив урбанізації зменшується, що пов'язано з часовою динамікою фізичних, біологічних і хімічних властивостей ґрунту [54, 81]. Відновлення міських зелених насаджень може покращити різноманітність мікробіоти міських ґрунтів і наблизити її до рівня, близького до природного,

шляхом створення більш природних умов існування [99, 111]. Міські ґрунти мають специфічні морфологічні властивості [124, 161]. Для міських ґрунтів характерна різноманітність ґрунтових шарів з різкими межами [112], велика кількість антропогенних включень [58] та надмірне ущільнення [84]. За своїми властивостями міські ґрунти відрізняються від ґрунтів інших систем. Властивості міських ґрунтів дуже мінливі у просторі та часі [114], а також варіюють у межах різних типів ландшафтів у міському середовищі. Просторова мінливість властивостей ґрунтів у міських парках значною мірою залежить від типів ґрунтового покриву та функціонального зонування території [59, 174, 181]. Різні способи землекористування та управління мають значний вплив на властивість ґрунту [91]. Землекористування та функціональне районування є ключовими факторами, що визначають просторову мінливість рослинності та ґрунтів у межах міста [164]. Просторова неоднорідність міських ґрунтів і рослинності в межах функціональних зон також дуже висока [109, 162, 182]. Історія землекористування та сучасні методики управління земельними ресурсами є факторами, що визначають неоднорідність міських ґрунтів на різних рівнях [155].

Міські парки надають кілька екосистемних послуг, які є цінними для добробуту мешканців міста, а також вважаються природноорієнтованим рішенням для розв'язання екологічних проблем у містах [45]. Однак, тип і кількість екосистемних послуг, що надаються, залежать від типу паркової рослинності, навіть у межах одного парку [190].

Характеристики як штучних, так і природних компонентів, що використовуються в міському середовищі, мають суттєвий вплив на міський острів тепла та на тепловий комфорт людини. Міські дерева сприяють мікромасштабному охолодженню шляхом випаровування [37, 92, 183], а також завдяки уловлюванню сонячної радіації та зменшенню нагрівання поверхонь під їх кронами [25, 128, 197]. Хоча зниження температури повітря в невеликих зелених зонах може бути незначним, особливо в умовах високої турбулентності повітря, численні дослідження підтверджують, що тінь від дерев може значно покращити тепловий комфорт на відкритому повітрі, зменшуючи вплив короткохвильового та довгохвильового випромінювання на пішоходів [176].

Дійсно, тінь від дерев і тип ґрунтового покриву (наприклад, рослинність і дорожнє покриття) сильно впливають на температуру поверхні і можуть знижувати температуру повітря, особливо вдень [132, 182]. Характеристики різних видів дерев також мають важливе значення; наприклад, щільність деревостану (виражена індексом листової поверхні) та його сезонні зміни впливають на частку прямої сонячної радіації, яка поглинається або відбивається деревом [185, 191, 218].

Різні компоненти поверхні ґрунту, такі як дерева, чагарники та біологічні структури, а також рекреаційна діяльність людини, наприклад, велопрогулянки та витоштування відвідувачами, можуть розділити територію міського парку на менші фрагментовані ділянки, диференційовані за умовами мікросередовища, які можуть відрізнятися за характеристиками ґрунту та рослинності [139, 195].

Будучі єдиною природною територією на урбанізованих територіях, міські зелені насадження відіграють незамінну роль у покращенні якості середовища існування людини та підтримці здорових міських екосистем [174, 212]. В останні роки швидка урбанізація призвела до величезного зростання населення та постійного розширення забудованих територій у містах. Отже, зростання потреб у будівлях, дорогах, транспортних засобах та виробництві енергії збільшило викиди забруднюючих речовин в атмосферу [4, 49]. Між тим, міські зелені насадження поступово фрагментуються і часто містять непроникні поверхні, що серйозно послаблює екологічну функцію системи міських зелених насаджень і знижує її цінність екосистемних послуг [55, 189]. Люди зазвичай звертають увагу на естетичні, соціальні та рекреаційні внески міських парків [28, 187], ігноруючи їх екологічні переваги. Таке нерозуміння служб парку може призвести до відхилень у проєкті парку. Максимізація екологічних переваг парку при збереженні його рекреаційної функції є викликом для проєктувальників та менеджерів парку [80, 93]. Оцінка цінностей екосистемних послуг міських парків може сприяти розумінню захисту міських зелених насаджень і надати надійні наукові докази планування та управління міськими парками [108, 161].

Ефективність очищення повітря міських зелених насаджень залежить від паркових компонентів, таких як дерев, кущів та трав'янистої рослинності [37, 133, 189].

Глобальна зміна клімату суттєво впливає на різноманіття та функції екосистем [35]. Міські зелені насадження можуть забезпечити термічно комфортне середовище. Для того, щоб вони виконували цю функцію, парки повинні бути спроектовані та реконструйовані з урахуванням кліматичних умов та прогнозів щодо майбутнього клімату. Правильно спроектований і реконструйований парк може зменшити загрозу екстремального теплового стресу [225]. Реконструкція міських парків є рутинною процедурою [52]. Екологічне відновлення міських лісів є заходом для покращення якості повітря, пом'якшення ефекту міського острова тепла, покращення інфільтрації зливових вод та забезпечення інших соціальних та екологічних переваг [48, 181]. Екологічне відновлення стає важливим засобом управління міськими природними територіями з урахуванням людських та екологічних цінностей. Міське екологічне відновлення може сприяти унікальним і позитивним відносинам між людьми і природою [74]. Реконструкція міських парків пов'язана зі значним впливом на ґрунтовий покрив [78, 129, 216].

Міські парки вже давно є місцем відпочинку для міських жителів, які шукають перепочинку від буденності повсякденного життя. Завдяки пишній зелені, тихим ставкам і місцям для відпочинку, ці зелені зони є оазисом у бетонних джунглях. Проте зростає тенденція до перетворення міських парків на яскраві гавані для відпочинку, створюючи нову хвилю динамічних відкритих просторів, які задовольняють сучасний спосіб життя [163].

Вдалий міський парковий ландшафт може передати особливість міста, відновити його стиль [202]. Останніми роками вітчизняні та зарубіжні дослідники проводять багатовимірні системні дослідження реконструкції ландшафту через ставлення, поведінку та досвід людей [28], простір для дозвілля [16, 22], екологічні переваги [60], адаптацію до надзвичайних ситуацій [176] та ландшафтний патерн [194].

Міські парки перетворюються на жваві громадські простори, перетворюючи їх на серце та душу своїх громад. Завдяки ретельно розробленим зонам відпочинку, амфітеатрам і спеціальним місцям для проведення заходів парки стають природними місцями для різноманітних заходів. Від живих концертів до фестивалів їжі та занять йогою, ці майданчики просто неба є платформами для місцевих талантів і залучення громади. Парки, які колись були безлюдними, тепер приваблюють різноманітні натовпи, сприяючи почуттю причетності та згуртованості громади[169].

Оскільки світ стає більш екологічно свідомим, міські парки відіграють життєво важливу роль у просуванні сталого розвитку [15]. Ці зелені насадження пропонують відвідувачам можливість розповісти про важливість збереження та екологічно чистих практик. Просвітницькі кампанії, такі як ініціативи з переробки та компостування, інтегровані в проекти парків, щоб поширювати повідомлення про екологічність. Крім того, міські парки діють як зелені легені, компенсуючи викиди вуглекислого газу та покращуючи якість повітря в міському середовищі[47, 44].

1.2 Ґрунтовий покрив у містах

Дослідження міських ґрунтів різними вченими, довели, що вони відрізняються від ґрунтів сільської місцевості тим, що вони більш сильно піддаються антропогенному впливу. Цей вплив часто проявляється високим ступенем забруднення. Міські середовища, особливо їхні ґрунти, ще більше забруднює важкими металами через антропогенну діяльність, таку як спалювання викопного палива [74, 153, 179]. Ділянки поблизу транспортних шляхів, як правило, збагачені важкими металами, що надходять із часток зносу шин і вивітрювання вуличних поверхонь [66, 70, 151]. Оскільки метали часто досить нерухомі після осідання на поверхні ґрунту, відбувається їх накопичення [70, 96].

Наприклад, міські ґрунти зберігають значну кількість вуглецю та азоту [69, 92, 193], очищають стік води [78, 157, 189] і детоксикують шкідливі речовини [146]. Оскільки багато з цих корисних екосистемних послуг пов'язані з об'ємом і якістю органічної речовини ґрунту [91, 149], то якість і кількість органічних

речовин контролюється типом і кількістю місцевої рослинності [194]. Розуміння взаємодії між міською рослинністю та ґрунтами має ключове значення для пом'якшення несприятливих наслідків антропогенного забруднення [111]. Однак через повторювані та безперервні структурні порушення і забруднення різними забруднювачами, здатність міських ґрунтів забезпечувати екосистемні послуги може бути обмеженою [109].

Ґрунт є ключовим ресурсом для підтримки водного балансу та здоров'я екосистем, допомагаючи підтримувати біорізноманіття та важливі культурні функції в парках і садах [74]. Міські ґрунти, як правило, характеризуються не лише з точки зору геотехнічних властивостей, а, останнім часом, саме і ступенем забрудненості [170]. Насправді містобудівники не розглядають міські ґрунти як потенційно живі ресурси або як частину міської екосистеми, що здатна виконувати різноманітні функції та надавати екосистемні послуги. Навпаки, реальність полягає в тому, що їхній потенційний внесок у міське планування не завжди належним чином оцінюється, і його слід брати до уваги міським керівникам при вирішенні основних екологічних проблем міста. Іншими словами, політики і планувальники рідко розглядають ґрунти як живі ресурси, здатні виконувати важливі функції [203].

Міські ґрунти є життєво важливим елементом міського середовища [195], екологічне використання якого не усвідомлюється населенням. Мешканці по-різному сприймають громадські зелені насадження. Порядок денний Організації Об'єднаних Націй до 2030 року визначає 17 Цілей сталого розвитку, які мають бути досягнуті в поточному десятилітті [139]. Зокрема, ЦСР 11 «Сталі міста та громади» тісно пов'язана із загальним доступом до громадських зелених насаджень. В урбаністичному контексті зі зростаючим світовим міським населенням громадські парки та сади можуть забезпечити місця для відпочинку, контакту з природою та задоволення різних соціальних і культурних потреб [48]. Важливість міських зелених зон для підвищення стійкості та адаптації до нових викликів (наприклад, зміна клімату, зростання міст, соціальна інтеграція) була визнана кількома авторами, такими як Колдінг і Бартел [88], Феррейра та ін. [104].

Крім того, ці простори забезпечують багато екологічних, психологічних та соціальних переваг [163, 190].

Екосистемні послуги визначаються як вигоди, які людське населення отримує прямо чи опосередковано від екосистеми (наприклад, регулювання клімату, виробництво продуктів харчування, енергопостачання) [149, 163, 197]. Ця екосистемна концепція нещодавно була перенесена на міське середовище [136]. Вона стосується таких конкретних аспектів, як зберігання вуглецю в містах і глобальне регулювання клімату [91], регулювання міських островів тепла [89] та зелена інфраструктура [190].

В міських ґрунтах зменшується глиноутворення, а вміст вуглецю є вищим у приміських ґрунтах порівняно з приміськими ґрунтами. На основі отриманих результатів можна зробити висновок про зниження буферної здатності верхнього шару ґрунту міських ділянок порівняно з приміськими ділянками [96].

Міські ґрунти набувають все більшого значення, оскільки більше половини населення світу зараз проживає в містах, і очікується, що в найближчому майбутньому цей відсоток зростатиме. Фактори міського середовища, як непрямі, так і прямі, можуть мати значний і кількісно вимірюваний вплив на характеристики ґрунтів на урбанізованих територіях та поблизу них [213]. Ці впливи варіюються від сильно порушених і керованих ґрунтів до відносно незмінених ґрунтів, утворюючи певний комплекс ґрунтових умов – урбаністичний ґрунт. Прямий вплив включає в себе модифікації ґрунтів, що призводить до порушення утворюючи урбаністичні ґрунти, тоді як непрямий вплив включає в себе зміни в абіотичному і біотичному середовищі, які впливають на переважно непорушені ґрунти, пов'язані з залишками лісів або луками. Крім того, багато міських екологічних факторів, таких як міський острів тепла і підвищена концентрація CO₂ в атмосфері, подібні до факторів, які, як очікується, виникнуть у зв'язку з глобальною зміною клімату [149, 150]. З цієї причини міські території можуть слугувати аналогами майбутніх кліматичних умов. Очікується, що глобальна зміна клімату матиме найбільший вплив на ґрунти залишкових лісів і луків, тоді як найбільш порушені, добре спроектовані та доглянуті міські ґрунти можуть мати найбільший потенціал для пом'якшення факторів зміни клімату [92].

Ґрунти – це коричнева інфраструктура, що забезпечує екосистемні послуги на всіх видах міського землекористування, і їхня роль у пом'якшенні наслідків зміни клімату є життєво важливою для майбутнього і стійкості щільної міської забудови [107].

1.3 Вплив реконструкції на фізичні властивості ґрунту

Реконструкція паркових територій впливає безпосередньо на основні фізичні властивості ґрунту, які визначають якість ґрунту: вологість ґрунту, електропровідність ґрунту, твердість та структуру ґрунту. Ці властивості мають вплив на такі процеси, як інфільтрація, ерозія, кругообіг поживних речовин і біологічна активність. На поглинання мікроелементів ґрунтами при техногенному забрудненні впливають механічний склад, реакція, вміст гумусу і карбонатів, ємність поглинання й умови водяного режиму. Ці властивості також впливають на придатність ґрунту для різних цілей, таких як інфільтрація дощових вод, ґрунтової основи для доріг і міцність для будівництва [194, 209].

Процес реконструкції якості ґрунту відноситься до еволюції фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту під дією факторів навколишнього середовища [22]. Моніторинг змін якості ґрунту в період реконструкції може надати корисну інформацію про динаміку та тенденції зміни якості ґрунту [59]. Тому багато вчених проводили дослідження з різних поглядів на зміну якості та просторово-часові варіації реконструкції ґрунту в зонах антропогенного впливу [137]. Техногенні процеси, різко порушують властивості ґрунту, негативно впливають на кругообіг поживних речовин [140] і обмежують ріст рослин. Фізичні властивості ґрунту зазвичай визнаються важливими індикаторами якості ґрунту [84, 103, 137]. Сильна ерозія ґрунту, призводить до змін в рослинному покриві, може призвести як до великих втрат ґрунту і поживних речовин [164, 194, 209], так і до серйозної деградації фізичних властивостей ґрунту, таких як збільшення об'ємної щільності, зниження агрегатної стабільності і зменшення водоутримання [79].

Фізичні властивості ґрунту тісно пов'язані з періодом занедбаності та стадіями відновлення рослинного покриву. За останнє десятиліття зріс інтерес до

відновлення ґрунту під час вторинної сукцесії рослинності [209 – 211, 213]. Останнім часом було проведено багато досліджень щодо впливу на фізичні властивості ґрунту відновлення рослинності або різних моделей землекористування [139, 217, 224]. Проте зміни фізичних властивостей ґрунту під час тривалого відновлення рослинності ще вивчаються. Дослідження змін фізичних властивостей ґрунту вважається необхідним для розуміння екологічних наслідків відновлення рослинності [135, 194]. Зменшення насипної щільності ґрунту в поверхневих шарах можна використовувати як індикатор поліпшення структури ґрунту, оскільки вона пов'язана з більшістю інших властивостей. Зміни текстурних властивостей ґрунту та питомої поверхні були незначними, що свідчить про те, що ці властивості в основному успадковані від материнських порід і важко піддаються змінам [137].

Зміни в ландшафтному дизайні, введення нових матеріалів або водоспоживання рослин можуть вплинути на структуру, водопроникність та текстуру ґрунту [86]. Також, будівельні роботи можуть призводити до ущільнення ґрунту та його зміни у волого-повітряному режимі. В результаті реконструкції паркових територій на фізичні властивості ґрунту можна вплинути, через видалення або додавання ґрунтового шару, ущільнення під час будівельних робіт, а також зміни в системі дренажу, що може вплинути на водопроникність та вологість ґрунту [140, 172]. Важливо враховувати ці аспекти для збереження здоров'я природного середовища парку. Ці зміни можуть призвести до зміни основних фізичних властивостей ґрунту: вологість, електропровідність, структуру та твердість ґрунту, що впливає на здоров'я рослин та загальну екосистему парку [56].

Важливо при реконструкції парку уважно розглядати можливі наслідки для фізичних властивостей ґрунту, оскільки це може визначати здоров'я рослин та стійкість екосистеми. Ефективне планування дозволяє зберегти екологічну рівновагу та забезпечити довгострокову стійкість паркової території [217].

1.3.1 Агрегатна структура ґрунту

Реконструкція може впливати на агрегатну структуру ґрунту через різні фактори, такі як механічні впливи на поверхневий шар, зміни у вологозабезпеченості та утворення нових компонентів. Це може призводити до ущільнення ґрунту, втрати родючості або навпаки, поліпшення стану ґрунту за рахунок впровадження нових матеріалів чи методів. Індивідуальний вплив залежить від конкретних заходів, які включаються в процес реконструкції [219].

Будівельні роботи, введення нових шляхів, алеї, архітектурних елементів чи ігрових майданчиків, може призвести до механічного стиснення поверхневого шару ґрунту або розорювання верхніх горизонтів ґрунту, що впливає на його структуру. Зміна ландшафту та введення нових рослин може впливати на структуру ґрунту через кореневу систему, яка може покращувати або змінювати його властивості. Це зазвичай описується як «погіршення структури ґрунту», термін, який включає широкий спектр ґрунтових процесів і фізичних умов ґрунту [222]. Як правило, структура ґрунту домінує над фізичними властивостями ґрунту та їхніми функціями [37, 214]. Структурна деградація зазвичай передбачає зменшення загальної пористості та суцільності шарів [225], що негативно впливає на аерацію та гідравлічні властивості ґрунту [144], а також має наслідки для водного режиму ґрунту та росту рослин. Отже, погіршення структури ґрунту має важливе значення для відновлення рослинності, особливо при переведенні сільськогосподарських земель у лісові насадження або пасовища [187, 220]. Ця проблема також важлива для оцінки ролі природного відновлення рослинності для покращення стану ґрунтів на території плоскогір'я, де мало природної рослинності, що допоможе спрямувати поточні процеси відновлення рослинності на паркових територіях великих міст [196, 226].

Структура ґрунту – ключовий чинник родючості ґрунту та сільськогосподарської продуктивності, тому вона має велике екологічне значення [101]. Структура ґрунту впливає на утворення кірки [103], здатність коренів рослин проникати в ґрунт [108], рух ґрунтової води та повітря [113], емісію CO₂, ерозію, вміст поживних речовин та біологічну активність ґрунту [152]. Структура

грунту залежить від взаємодії типу ґрунту, агентів агрегування, заходів менеджменту ґрунту та умов навколишнього середовища [115, 116, 129].

Особливе екологічне значення має стійкість агрегатів [125, 173, 177] і розподіл сухих агрегатів за розмірами [97, 182, 185]. Розподіл сухих агрегатів за розмірами розглядають як показник структури ґрунту та одну з основних фізичних характеристик ґрунту, від якої залежать родючість та стійкість ґрунту до ерозії та деградації [171, 186]. Розподіл сухих агрегатів за розмірами є інформаційно цінним показником для оцінювання сприйнятливості ґрунту до вітрової ерозії, яка сильно залежить від розміру ґрунтових агрегатів, особливо в посушливих і напівпосушливих умовах [172]. Розподіл сухих агрегатів за розмірами має важливе значення для поліпшення прогностичної здатності педотрансферних функцій [128, 219]. Структурний стан ґрунту – цінна властивість ґрунту для оцінювання результативності обробітку ґрунту. Вплив властивостей ґрунту на ґрунтову структуру залежить від менеджменту та типу ґрунту [133, 143, 160].

Необхідний більш цілісний підхід до землекористування та управління ґрунтом, щоб впоратися зі збільшенням тиску на ґрунтові ресурси та для сталого користування ґрунтовими ресурсами, одночасно зменшуючи несприятливий вплив урбанізованих територій на навколишнє середовище в межах міста. Вплив структури ґрунту коливається від глобального до дуже локалізованого масштабу. Покращене поглинання C в ґрунтових агрегатах може зменшити швидкість деградації ґрунтів [69, 219].

Структура відіграє центральну роль у функціонуванні ґрунту, оскільки вона контролює потоки води, газу та поживних речовин, а також їх накопичення, також структура ґрунту, впливає на активність і ріст живих організмів.

1.3.2 Електропровідність ґрунту

Електропровідність ґрунту – здатність ґрунту (суспензій) проводити електричний струм. Електропровідність залежить від вологості ґрунту, фазового стану води, вмісту в ґрунті солей, її температури, густини, гранулометричного складу і т. д. [147]. Електропровідність ґрунту змінюється залежно від кількості води у його частинках. Електропровідність піщаних ґрунтів низька, мулисті

грунти характеризуються середніми її значеннями, а глинисті ґрунти – найкращі провідники [36]. Отже, електропровідність тісно пов'язана з розмірами і структурою ґрунту.

Ґрунти з середнім рівнем електропровідності, що мають зернисту структуру і середню водоутримувальну здатність, найчастіше є найбільш родючими [122].

Волога є основним засобом проведення електрики в ґрунті, але також існують інші фактори, які впливають на вимірювання електропровідності ґрунту [140]. Ґрунт має здатність адсорбувати пароподібну вологу з повітря і міцно утримувати її на поверхні своїх часток. Вологість ґрунту – це вода, яка утримується в проміжках між частинками ґрунту. Поверхнева вологість ґрунту – це вода, що знаходиться у верхніх 10 см ґрунту, тоді як вологість ґрунтової зони кореневої зони – це вода, доступна рослинам, яка, як правило, вважається у верхніх 200 см ґрунту [173, 223].

Вода у ґрунті є одним з основних його компонентів і одночасно головним фактором, який визначає продуктивність та рівень родючості, а її відсутність може призвести до критичних наслідків. Вона визначає перебіг біологічних і біохімічних процесів та інтенсивність перетворення мінеральних й органічних речовин, їхнє переміщення та формування генетичних горизонтів профілю ґрунту [133, 175].

Вологість ґрунту показує забезпеченість рослин вологою і залежить від властивостей ґрунту (гранулометричного склад, вмісту гумусу та обміну катіонів), стану його поверхні (тип обробітку та стан рослинності, мікрорельєф), кількості атмосферних опадів, а також факторів, що зумовлюють інтенсивність випаровування вологи (температура повітря, сила вітру тощо). За інших умов вологішим буде ґрунт важкого гранулометричного складу з високим вмістом гумусу [32].

На електропровідність ґрунту впливає вологість, так як вода містить іони, які можуть проводити електричний струм. Тому сухий ґрунт матиме нижчу провідність або електропровідність ґрунту, ніж вологий ґрунт [154, 188].

Пористість може впливати на провідність електричного струму в ґрунті, створюючи більше місця для води. Таким чином, вища пористість ґрунту збільшує

потенціал провідності електрики у вологому стані. Високий вміст глини матиме вищі значення електропровідності, ніж піщані ґрунти через утримання вологи. Нарешті, ущільнення ґрунту буде мати тенденцію до збільшення електропровідності ґрунту [32, 37].

Часточки, які займають певну площу поверхні та більше пористого простору, як правило, має вищу провідність, що безпосередньо впливає на потенціал врожайності. Ось чому глина зазвичай має вищу електропровідність, ніж піщані ґрунти. Сучасні датчики електропровідності мають можливість ідентифікувати ділянки ґрунту, які є характерними для глини або характерними для піску, даючи зображення глибини верхнього шару ґрунту [155, 166].

Рівень солей у ґрунтовій воді (солоність) значно підвищить вимірювання електропровідності ґрунту. Солоність ґрунту – це міра мінералів та солей, які можуть бути розчинені у воді. У більшості випадків у перерахованому за важливістю екстракті ґрунтової води містяться такі мінеральні іони: Na^+ , Cl^- , Ca^{++} , SO_4^- , HCO_3^- , K^+ , Mg^{++} , NO_3^- . Бажаний діапазон рН ґрунту для більшості рослин 6,0–7,5, оскільки більшість поживних речовин стають доступними в цьому діапазоні рН [147].

Мінеральний ґрунт, що містить високий рівень органічної речовини (гумусу) та/або глинистих мінералів 2:1, таких як монтморилоніт, іліт або вермикуліт, має високу здатність утримувати позитивно заряджені іони (такі як Ca, Mg, K, Na, NH_4 або H). Присутність цих іонів у заповнених вологою порах ґрунту підвищить електропровідність ґрунту, як і солоність [192].

Температура ґрунту може безпосередньо впливати на вимірювання електропровідності, але переважно показники близько або нижче температури замерзання. Показники електропровідності ґрунту дещо зменшуватиметься, коли температура ґрунту наближається до точки замерзання води. Нижче замерзання пори ґрунту стають все більш ізольованими одна від одної, і загальний показник електропровідності ґрунту швидко знижується [87, 125].

Вологість і температура ґрунту – одні з головних фізичних властивостей ґрунтів, що визначають їх родючість. Без наявності необхідної кількості води в ґрунті і відповідної температури, сільськогосподарські культури не проростають

зовсім. Вологість ґрунту впливає на розчинність, переміщення та ефективність органічних і мінеральних добрив [191, 224].

Більшість датчиків електропровідності можуть вимірювати електронний потенціал ґрунту, і існують окремі датчики також для рН та органічної речовини. Компоненти та характеристики ґрунту, зокрема ті, що вимірюються датчиком електропровідності, можуть впливати на те, якого типу використання потребує певна ділянка ґрунту. Однак важливо зазначити, що кореляція між електропровідністю та продуктивністю не є лінійною. Дані слід використовувати в поєднанні з історичною продуктивністю, зразками ґрунту та місцевими агрономічними знаннями, щоб точно використовувати дані електропровідності і відображати характеристики ґрунту [156].

Електролітичний процес, який відбувається переважно через пори, заповнені водою. Катіони (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} та NH_4^{+}) і аніони (SO_4^{2-} , Cl^{-} , NO_3^{-} та HCO_3^{-}) з розчинених у ґрунтовій воді солей несуть електричні заряди і проводять електричний струм. Отже, концентрація іонів визначає електропровідність ґрунту. У сільському господарстві електропровідність використовується переважно як міра засоленості ґрунту; однак у незасолених ґрунтах електропровідність може бути оцінкою інших властивостей ґрунту, таких як вологість ґрунту та глибина ґрунтового шару. Електропровідність ґрунту виражається в децисіменсах на метр (dS/m) [32, 206].

Високий рівень опадів може вимивати розчинні солі з ґрунту і знижувати електропровідність ґрунту. І навпаки, в посушливих ґрунтах (з низьким рівнем опадів) розчинні солі з більшою ймовірністю накопичуються в ґрунтових профілях, що призводить до високої електропровідності [147]. Електропровідність різко знижується, коли температура ґрунтової води нижче точки замерзання (електропровідність ґрунту зменшується приблизно на 2,2% на градус за Цельсієм через збільшення в'язкості води і зменшення рухливості іонів). Загалом, зі збільшенням вмісту глини збільшується і значення електропровідності ґрунту [191, 153]. Ґрунти, у складі яких переважають глинисті мінерали з високою катіонообмінною ємністю (наприклад, смектит), мають вищу електропровідність, ніж ґрунти, у складі яких переважають глинисті мінерали з низькою

катионообмінною ємністю (наприклад, каолінит). Посушливі ґрунти з високим вмістом розчинної солі та обмінного натрію, як правило, демонструють надзвичайно високу електропровідність. У ґрунтах з високим рівнем залягання ґрунтових вод вода піднімається капілярно і збільшує концентрацію солей та електропровідність у поверхневих шарах ґрунту [125].

Загальноприйнято вважати, що чим вища пористість (чим вищий вміст вологи в ґрунті), тим більша здатність ґрунту проводити електричний струм; тобто, за інших рівних умов, чим вологіший ґрунт, тим вища його електропровідність. Засолені ($E \geq 4$ dS/m) і содові (коефіцієнт поглинання натрію ≥ 13) ґрунти характеризуються високими значеннями електропровідності [204].

Динамічно–мінеральні ґрунти, збагачені органічними речовинами або хімічними добривами (наприклад NH_4OH) мають вищий показник катионообмінної ємності, ніж незбагачені ґрунти, оскільки органіка покращує водоутримуючу здатність ґрунту, а синтетичні добрива підвищують вміст солей [194]. Постійне внесення побутових відходів у ґрунт може в деяких випадках підвищувати електропровідність ґрунту [161]. Електропровідність використовується для визначення відносної концентрації, обсягу та переміщення тваринних екскрементів у ґрунтах. Через свою чутливість до розчинних солей, електропровідність ґрунту є ефективним показником для оцінки забруднення поверхневих і підземних вод [168]. Хоча електропровідність ґрунту не забезпечує прямого вимірювання конкретних іонів або сполук, він корелює з концентрацією калію, натрію, хлоридів, сульфатів, аміаку та нітратів у ґрунтах. Погана інфільтрація води може призвести до поганого дренажу, перезволоження та підвищення електропровідності [140].

1.3.3 Твердість ґрунтового профілю

Рекреаційне навантаження сильно впливає на ґрунт [125]. Ущільнення антропогенних ґрунтів є наслідком технологічних процедур [71-73]. Рекреація призводить до розвитку мережі спонтанних стежок. Розуміння впливу антропогенного навантаження на екосистемні процеси є важливим для управління рекреаційними територіями [218]. Твердість ґрунту є інформативним показником

для моніторингу ущільнення ґрунту [36]. Фізичні властивості ґрунту в межах цих шляхів значно змінюються [70]. Перш за все, ущільнюється міський ґрунт. Витоптування ґрунту людиною спричиняє більшість впливів рекреації на ґрунт і рослинність [133, 142]. Всі компоненти ґрунту (мінеральні речовини, повітря, вода, мертва органічна речовина та живі організми) порушуються внаслідок витоптування [137]. Коли витоптування ущільнює мінеральний ґрунт, який не має фізичної пружності органічної речовини, частинки щільно притискаються одна до одної, різко зменшуючи кількість пор між частинками [53, 101, 103].

Процеси урбанізації модифікують екосистемні функції, змінюючи шари ґрунту, які називаються ґрунтовими горизонтами. Ґрунтові горизонти є інтеграційними показниками для комплексів властивостей ґрунту і, як такі, можуть бути використані як спостережувана категорія для відстеження змін у ґрунтових профілях, а саме твердість ґрунту [117].

Щільність ґрунту разом з іншими морфологічними та фізичними властивостями використовується для діагностики міських ґрунтів [110, 118, 220] і є надійним індикатором рекреаційного навантаження [128, 217]. Ущільнення ґрунту змінює режим вологості ґрунту і може пригнічувати ріст коренів, якщо перевищуються певні граничні рівні, в результаті чого рослина не може отримати воду або поживні речовини на глибині [175, 194]. Більші пори сприяють кращому дренажу ґрунту і, як правило, заповнені повітрям, можуть бути практично усунені витоптуванням [132]. Їх ліквідація може зменшити аерацію та доступність води, а також ускладнити проникнення коріння рослин у ґрунт. Ці зміни можуть знизити як успішність проростання, так і життєздатність укорінених рослин і можуть бути шкідливими для організмів, що мешкають у ґрунті [125, 145]. Було показано, що стійкість до проникнення в ґрунт є важливим атрибутом екологічної ніші моллюсків в умовах рекультивації земель [32, 154]. Поганий розвиток коренів робить зрілі дерева більш вразливими до вітровалів [211]. Ущільнення ґрунту збільшує опір ґрунту росту коренів рослин [152, 162] і перешкоджає пересуванню ґрунтових тварин [130, 162], зменшує пористість, що сповільнює водообмін і дифузію повітря, а також знижує швидкість мінералізації поживних речовин [78]. Втрата біоти, що мешкає в ґрунті, може призвести до подальшого впливу на ґрунт

і рослинність, оскільки ці організми є важливими компонентами структури ґрунту і відіграють важливу роль у кругообігу поживних речовин. Ущільнені ґрунти втрачають значну частину своєї інфільтраційної здатності, що призводить до збільшення поверхневого стоку після дощу або інших опадів [168]. Цей стік часто призводить до посилення ерозії ґрунту там, де ґрунт був ущільнений – на стежках, у місцях для пікніків, на оглядових майданчиках і вздовж берегів річок. Однак ущільнення ґрунту відбувається під впливом біотичних і заморозувальних процесів у ґрунті [220, 222].

Наслідки ущільнення важко подолати, і вони можуть зберігатися десятиліттями. Природні процеси, такі як цикли заморожування-розморожування, риття тварин і зростання коренів лише повільно зменшують ущільнення. Ці природні процеси зазвичай обмежуються верхнім або незначним пониженням у горизонті ґрунту. Навіть коли об'ємна щільність зменшується, первісна структура ґрунту може не бути досягнута [137, 172].

Питання твердості ґрунту було і є актуальним, оскільки від неї залежить формування фітоценозу, відповідно, озеленення присадибних ділянок та побудову парків у великих містах [73, 180].

Великі пори необхідні для руху води і повітря, а також для того, щоб коріння і організми могли досліджувати ґрунт. Опір проникненню в ґрунт вимірює ступінь твердості ґрунту. Ущільнення відбувається, коли великі пори втрачаються, оскільки тверді ґрунтові матеріали ущільнюються внаслідок обробки ґрунту або руху важкої техніки, особливо на вологих ґрунтах. Коли поверхневі ґрунти ущільнюються, це призводить до стоку, ерозії, повільної інфільтрації та поганого зберігання води [133].

Твердість ґрунту перешкоджає глибокому укоріненню і призводить до поганого дренажу та накопичення води в глибині. Після сильних дощів вода може накопичуватися на твердому піддоні, спричиняючи погану аерацію як на глибині, так і на поверхні, а також застійні явища, погану інфільтрацію, стік та ерозію. Порушення руху та зберігання води створює більший ризик під час сильних дощів, а також більший ризик посухи в період між дощами [125, 222].

Більшість коренів рослин не можуть легко проникнути в ґрунт з показниками пенетрометра вище $136 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ (300 фунтів на квадратний метр) [154, 194]. Аналогічно, ріст гіф мікоризних грибів і рухливість інших корисних ґрунтових організмів може також в надмірно твердому ґрунті суттєво зменшуватись розмір мікоризних грибів та рухливість інших корисних ґрунтових організмів. Оскільки коріння рослин повинні активно рости і досліджувати прикореневу зону для доступу до води та поживних речовин, якість і кількість рослинних угруповань знижуються при ущільненні. Низький ріст культурних рослин збільшує тиск бур'янів, а стресові умови призводять до забур'яненості території [138, 194].

1.4 Вплив рослинності на фізичні властивості ґрунту

Урбанізовані території є основним джерелом забруднення повітря та зміни клімату, що спричиняє вплив на здоров'я людей, який посилюється мікрокліматичним впливом будівель та сірої інфраструктури через ефект міського теплового острова. Міський тепловий острів впливає на температуру ґрунту в масштабах всього міста, і саме дерева і чагарники можуть допомогти зменшити негативний вплив урбанізації на мікроклімат, ґрунтові процеси і здоров'я людей, оскільки вони стримують екстремальні температури поверхні ґрунту в міських умовах [91].

При зменшенні кількості рослин також і зменшиться лісовий опад, а тим самим і зміниться шар лісової підстилки, що впливають на погіршення умов існування тварин ґрунтового профілю, а саме підстилочних мешканців та і всіх мешканців ґрунтового профілю, так як вони беруть поживні речовини з ґрунту, а якщо зменшиться лісова підстилка це призведе до зменшення їх кількості в цілому [164].

Під час реконструкції паркових територій зменшують рослинний покрив, висоту рослин і щільність видів, хоча довготривалий вплив був більш вираженим, ніж короточасний. Біомаса листяного осаду зменшується, а щільність ґрунту збільшується зі збільшенням інтенсивності витоупування. Інші характеристики ґрунту, такі як вологість ґрунту, загальний вміст органічної речовини та загальний

вміст органічного азоту, були незначно чутливі до короткочасного або довготривалого витоптування [180]. Більшість мертвого органічного матеріалу в ґрунті зосереджена у верхніх шарах, особливо в поверхневому шарі, який зазвичай складається переважно з органічної речовини [135]. Цей шар, який називають органічним горизонтом, має вирішальне значення для здоров'я ґрунту, оскільки він відіграє важливу роль у біологічній активності ґрунту [94, 215]. Органічний горизонт також сприяє хорошему водному режиму, збільшуючи поглинальну здатність ґрунту, зменшуючи стік і збільшуючи утримання вологи [86]. Органічний горизонт є джерелом поживних речовин, необхідних для росту рослин, і може ефективно буферизувати нижчі мінеральні горизонти ґрунту, які є більш вразливими до ущільнення [133] та ерозії дощовими опадами [175]. Органічні горизонти, як правило, менш схильні до ерозії, ніж мінеральні ґрунти, але якщо органічна речовина подрібнюється при витоптуванні, вона також може бути зруйнованою, оголюючи мінеральний ґрунт, що знаходиться під нею [84, 174, 205].

Рослинність впливає на структурну форму та стабільність на різних рівнях і через різні прямі та непрямі механізми. Проникаючи в ґрунт, коріння утворює макропори, які сприяють транспортуванню рідини. Вони також створюють зони руйнування, які сприяють фрагментації ґрунту та утворенню агрегатів. Це явище посилюється циклами зволоження і висихання, пов'язаними з ростом рослин [174]. Висихання також спричиняє усадку і зміцнення ґрунту. Закріплення коріння і виділення ґрунтового масиву, що закріплює, стабілізує структуру ґрунту. Нарешті, як джерело вуглецю, коріння та рослинні рештки є джерелом їжі для мікрофлори та фауни, які сприяють формуванню та стабілізації структури ґрунту. У свою чергу, зміни структури, спричинені рослинами, впливають на ріст рослин, головним чином, через зміну фізичного середовища для коренів, а також циклів води та поживних речовин [116, 205].

Рослинність впливає на структуру ґрунту на різних рівнях і за допомогою різноманітних механізмів, пов'язаних з діяльністю коренів, таких як проникнення коренів, вилучення води, закріплення і виділення сполук у ризосфері. Крім того, вся рослина, мертва чи жива, може бути важливим джерелом вуглецю, надаючи

мікробам і фауні субстрат для виробництва стабілізуючого матеріалу, а також забезпечуючи фізичний захист поверхні ґрунту від процесів, що змінюють структуру, таких як опади або ущільнення [227].

Вплив рослин на властивості ґрунту створює неоднорідність біогеохімічних структур і процесів на різних просторових рівнях – від окремого дерева до ландшафту. Механізми, які лежать в основі впливу рослин на хімічний склад ґрунту, добре відомі: рослини поглинають воду і мінеральні поживні речовини через коріння, а органічні речовини повертають у ґрунт через опад, коріння і кореневі виділення [31, 120]. Коли рослини сильно впливають на кругообіг поживних речовин під їхнім покровом, баланс поживних речовин в масштабах екосистеми сильно залежить від відносної чисельності та розміру видів рослин [33, 227]. Крім того, у просторово неоднорідних ґрунтах динаміка «джерело-поглинач» між багатими і бідними на ресурси ділянками може підвищити продуктивність ландшафту [215]. Тому просторова неоднорідність ґрунтових процесів, спричинена рослинами, є важливим компонентом оцінки біогеохімічних процесів на рівні екосистеми [169].

Абіотичні фактори та склад рослинних угруповань мають взаємний вплив на властивості ґрунту. Наприклад, багато досліджень рослинно-індукованої гетерогенності ґрунту проводяться в суворих абіотичних умовах, де рослини є «острівцями родючості» в посушливих середовищах [9]. Температура, опади і вітер можуть безпосередньо впливати на взаємодію між рослинами і ґрунтом, впливаючи на переміщення рослинного решток і поживних речовин у ландшафті [136]. Абіотичні умови також впливають на взаємодію рослина-ґрунт опосередковано, формуючи морфологію, фізіологію, функціональні ознаки та видовий склад рослинних угруповань. Вплив рослин на ґрунт може бути більшим, коли рослини демонструють сильно відмінний хімічний склад коренів і листя [99, 194] або форму росту [81]. І навпаки, зворотний зв'язок між рослиною і ґрунтом може бути слабшим в екосистемах, де вплив одного дерева розбавляється закритими пологами, різноманітними підстилками і великою кількістю ліан, як, наприклад, у багатьох тропічних лісах [88].

Вік деревостану також може змінювати величину індукованої рослинами неоднорідності. Цілком зрозуміло, що зворотні зв'язки між рослинами і ґрунтом повинні посилюватися протягом життя окремого чагарника чи дерева в міру накопичення і розкладання рослинної підстилки. Цей процес призведе до позитивного взаємозв'язку між віком деревостану і величиною зворотного зв'язку між рослиною і ґрунтом, як це було показано в деяких дослідженнях [111]. Землекористування також може впливати на силу зворотних зв'язків між рослинами і ґрунтом, наприклад, вплив бобових дерев на властивості ґрунту був більш вираженим на плантаціях, ніж у прилеглих безгосподарських лісах, де спільноти підросту послаблювали вплив азоту, що надходив від бобових [142].

Спричинена рослинами неоднорідність ґрунту має бути більш вираженою в органічних горизонтах ґрунту порівняно з мінеральними, а основні поживні речовини для рослин, швидше за все, зазнають впливу рослинності, ніж неосновні поживні речовини. Однак, оскільки деякі види можуть накопичувати і виділяти важкі метали у вигляді «елементарної алелопатії» [207], токсичні або другорядні елементи можуть мати сильніші просторові ознаки, ніж N, P і K в деяких середовищах. Відносна мобільність різних елементів може також визначати ступінь, до якого рослини контролюють певні властивості ґрунту. Наприклад, іони, такі як NO_3^- , які швидко розсіюються, повинні бути більш чутливими до присутності рослин, ніж менш рухливі іони, такі як PO_4^{3-} , які можуть сильно адсорбуватися на мінералах ґрунту [178].

Вплив рослин на хімічний склад ґрунту має бути більшим у фрагментарних ландшафтах з рослинним покривом, оточеним матрицею мінерального ґрунту, порівняно з екосистемами з суцільним рослинним покривом, такими як ліси. Зворотні зв'язки між рослиною і ґрунтом зростають із віком деревостану, що відображає зміни у силі взаємодії між рослиною і ґрунтом з часом [159].

Оціночні індикатори використовуються в екології та екологічному плануванні для оцінки природоохоронного балансу території або для перевірки ефективності управління [58]. Екологічна оцінка ландшафту базується, зокрема, на поширеності рослинного покриву [194], різноманітності типів біотопів та наявності цінних біотопів [62] або ландшафтних метриках [104]. Часто екологічна

оцінка ґрунтується на картографуванні фактичного рослинного покриву, який є гарним індикатором стану збереження екосистем [60, 109, 135]. У трансформованих ландшафтах сучасна рослинність є насамперед результатом діяльності людини, і для розуміння динамічних процесів в угрупованнях особливу увагу слід приділяти аналізу історії землекористування протягом останніх десятиліть або сотень років [58, 222].

В даний час вплив людської діяльності для навколишнього середовища є домінуючою темою в усьому світі [39, 107, 109]. Надмірне використання земель, трансформація лісів і зменшення біорізноманіття [169] роблять ландшафт менш живим і більш чутливим до екологічних впливів. Збільшується площа еродованих і перелогових земель та зменшується вміст гумусу в орних ґрунтах [199]. Антропогенний вплив [191, 195] на довкілля часто фіксується як негативний вплив на довкілля, коли економічна та соціальна діяльність людини призводить до деградації довкілля, інтенсивної антропогенної зміни ландшафтів та втрати біорізноманіття [55]. Саме гемеробія – це екологічний термін, що використовується для визначення ступеня втручання людини в природні екосистеми та впливу цього втручання на біорізноманіття та функціонування природних середовищ [50]. Під поняттям природності ландшафту часто розуміють природну територію, яка не зазнала впливу людської діяльності. Дослідження, які дотримуються цієї концепції, зосереджені на збереженні якості природного ландшафту та біорізноманіття. Проте все частіше стали вживатися терміни гемеробія або гемерохора для позначення територій, які зберегли свій природний характер. Термін «гемеробія», введений ботаніком Жаласом [43], походить від грецьких слів *hémeros* (одомашнений, культивований) і *bíos* (життя), і пізніше це поняття було застосовано до всіх екосистем [58, 62]. Гемеробність – це інтегрований показник, який використовується для визначення ступеня втручання людини в екологічні компоненти та екосистеми [174].

У вузькому сенсі гемеробія означає ступінь природних чи антропогенних змін, які відбуваються в екосистемах в результаті діяльності людини. Ці зміни можуть включати зрізання лісу, розорювання ґрунту, введення інвазійних видів та інші антропогенні впливи [46].

У формуванні урбанізованих ландшафтів вагому роль відводять травостою [22, 89]. Газон – це вирівняна ділянка ґрунту, вкрита травостоєм, що складається переважно з багаторічних мезофільних злаків [104]. Здебільшого газон використовується як найпростіший і економічно ефективний спосіб озеленення територій, що залишилися після знесення будівель або для прикраси занедбаних місць [213]. Саме гемеробія – здатність організмів, зокрема судинних рослин, мешкати, зростати, поширюватися у перетворених людиною екосистемах [90].

В широкому сенсі, гемеробія використовується для класифікації екосистем за ступенем втручання людини та їхньою відповідною структурою та функціонуванням. В екосистемах з низьким рівнем гемеробії зберігаються природні процеси та структури, тоді як в екосистемах з високим рівнем гемеробії спостерігається значний вплив людини, що може призводити до втрати біорізноманіття та порушення природних екологічних процесів [43, 140].

Нещодавні зміни клімату в усьому світі, враховуючи хвилі спеки та тривалі періоди посухи, призвели до деградації міських зелених насаджень [215]. Ця проблема охопила й газони, які є найпоширенішими елементами зелених насаджень у всьому світі, займаючи до 50-70 % міських зелених зон [50]. Істотної шкоди газонам завдає також рекреаційне навантаження, яке призводить до утворення великих витоптаних територій та постійного ремонту пошкоджених ділянок [208, 226].

Таким чином, гемеробія є важливим поняттям у екології, що допомагає розуміти вплив людини на природні екосистеми та необхідність їхнього збереження та відновлення.

РОЗДІЛ 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Клімат

Місто Дніпро, на південно-західній околиці якого розташовано ботанічний сад Дніпровського національного університету, розташований у зоні помірних широт з досить активною атмосферною циркуляцією, переважаючим типом якої є переміщення повітряних мас зі сходу на захід. Клімат – помірно-континентальний. Однією з особливостей клімату території є значні коливання погодних умов з року в рік. Помірно вологі роки змінюються різко посушливими, іноді спостерігаються суховії. Клімат загалом характеризується з дуже холодною зимою, в якій температура часто опускається нижче нуля, і жарким літом [12, 41].

Територія Дніпропетровської області потрапляє під вплив Атлантичного океану з одного боку та Великого Євразійського континенту з іншого. Рівнинний характер території області та ближнього оточення утворює умови для безперешкодного проникнення повітряних мас з різними властивостями. Взимку спостерігається інтенсивний міжширотний обмін повітря, спричинений циклональною діяльністю [11].

Середньорічна температура згідно з Пасічним Г.В. [13] знаходиться в межах $+7...+9^{\circ}\text{C}$. Найхолодніший місяць – січень, середньодобова температура якого становить $-4...-6^{\circ}\text{C}$, а найтепліший – липень із температурою $+21...+24^{\circ}\text{C}$. За даними «Екологічного паспорту Дніпра» середньорічна температура повітря сягає $+8^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум – -34°C , абсолютний максимум $+40^{\circ}\text{C}$ [35].

Часті осінні та весняні приморозки, що закінчуються в середньому в першій декаді квітня, а восени розпочинаються, як правило, в першій половині жовтня. Абсолютно вільними від заморозків є тільки червень, липень, серпень. Перехід середньодобової температури вище нульової позначки на півдні області характерний для другої декади березня, на півночі – для третьої [23].

У середньому протягом року активність різних вітрів на Дніпропетровщині майже однакова. Переважають вітри північно-західної та південно-східної чвертей ($12...18\%$), взимку – південно-східні, влітку – північно-західні. Середньорічна

швидкість вітру в області становить взимку 5...5,5 м/с, влітку – 3,5...4 м/с. У середньому в різних районах області відзначається від 10 – 25 днів, коли сила вітру перевищує 15 м/с. Штильова погода на рік припадає в середньому 17 % [15, 41].

Максимум хмарності на території області характерні для зимових місяців, мінімум – у серпні. У Дніпрі середній відсоток хмарного неба зазнає значних сезонних коливань протягом року. Ясна пора року в Дніпрі починається приблизно 29 квітня і триває 5,5 місяців, закінчуючись приблизно 12 жовтня. Найясніший місяць року в Дніпрі – липень, протягом якого в середньому небо ясне, переважно ясне або мінлива хмарність 74% часу. Більш хмарна частина року починається приблизно 12 жовтня і триває 6,5 місяців, закінчуючись приблизно 29 квітня [14].

Річна кількість опадів становить 505 мм. Максимум – 800 мм, і мінімум опадів – 250 мм в аномальні роки [23]. Найбільша кількість опадів (до 60 % річної норми) припадає на літо. Мінімальна – на березень і жовтень (30 мм) та максимальна кількість опадів (60 мм) припадає на найвологіші місяці – червень, липень, дощі трохи рясніші і можуть протікати у вигляді гроз. Річна кількість днів з опадами – 93. Снігопади часті, але в основному не рясні [34].

2.2 Геоморфологія та геологія

Місто Дніпро розташоване на межі Українського кристалічного масиву Дніпровсько-Донецької западини, що зумовлює значні відмінності мікрорельєфу місцевості [12]. Територія міста розташована на стику 2 орографічних областей: південно-східних відрогів Придніпровської височини, розділених на південь від міста каньйоноподібною долиною прориву р. Дніпро, а також північно-західної околиці Придніпровської низовини.

Рельєф правобережжя Дніпра – хвиляста рівнина з розвиненою долинно-балковою мережею, що входить до складу Придніпровської височини. Біля Дніпра вона круто обривається. Висота уступу коливається від 100 до 120 м. Він сильно порізаний яружно-балковою мережею. Поверхня Придніпровської височини горбиста, вододіли неширокі, іноді мають хвилеподібну форму. Решта виражені куполоподібними височинами. Річкові долини врізаються в кристалічний

фундамент, унаслідок чого долини їхні симетричні й низькі, їхні схили стрімкі, у місцях виходу кристалічних порід береги стрімкі. Річкові тераси слабо розвинені й представлені окремими острівцями. Схили вододілів і долин розчленовані балками та ярами. Балки вирізняються невеликими водозборами та крутими схилами. Вони порізані ярами, що починаються найчастіше лійкоподібними заглибленнями, дно яких розташоване нижче, ніж у ярів. На північних схилах балок розташовуються ступінчасті зсуви. На південь спостерігається зменшення глибини ерозії та розрідження яружно-балкової мережі [35]. Сприяють розвитку зсувів та ерозійних процесів лесові товщі, що швидко піддаються руйнуванню [34].

У долинному комплексі річки Дніпро відзначається 9 послідовно розташованих антропогенних терас (7-9 еоплейстоценові та 1-4 плейстоценові), а також голоценова заплава [14].

Голоценова заплава, ландшафт якої утворює плавні, раніше займала значну частину дна долини Дніпра. Її тіло складене алювієм руслової, поємної та старичної фацій. Природна поверхня заплави розташована на абсолютних відмітках 48-54 м, поверхня нижніх терас – 55-62 м. Ці різновікові поверхні розділені уступом, який нині в місті маскується насипними і намівними ґрунтами. У центрі м. Дніпра сушу становлять тільки ті ділянки заплави, поверхня яких штучно піднята. Потужність намівних пісків на поверхні заплави в районі Набережної Перемоги сягає 90-100 м. У межах цього типу місцевості набули широкого розвитку процеси підтоплення та заболочування внаслідок порушення природного гідрогеологічного режиму [30].

1-2 пізньоплейстоценові тераси займають більшу частину дна долини Дніпра (абсолютні позначки 60-66 см). Еоплейстоценові тераси залягають на сарматських сірих і зеленувато-сірих глинах і пісках Правобережні плейстоценові тераси в основному залягають на кристалічних докембрійських породах, на корі їхнього вивітрювання.

3-4 – середньоплейстоценові тераси. На правобережжі 3-тя тераса сильно розмита і представлена окремими фрагментами. Загальною рисою геологічної будови середніх терас є відсутність водотривкого шару, що залягає вище за місцеві

базиси ерозії, завдяки чому ці ділянки є невідтопленими (грунтові води на глибині від 5 до 10 м).

5-6 – ранньоплейстоценові тераси займають вузьку смугу на корінних схилах правобережної частини міста. Тіло 6-ї тераси (82-90 м) складене практично повним комплексом горизонтів лесової формації, що відкладені на мартоношсько-сультському алювії. Вузька смуга 8-9 еоплейстоценових терас простежується на всьому правобережжі та лівобережжі в районі житлових масивів Ігрень і Чаплі вздовж Дніпра і Самари, а також балок, що відкриваються в їхню долину [23].

Однотипність геологічних будов і гідрогеологічних умов полягає в наявності лесових порід (ЛП), потужністю до 10-25 м, що залягають на піщаному алювії, який підстиляється або корою вивітрювання кристалічних порід, або неогеновими пісками, іноді глинами. Регіональний водотрив, представлений на вододілах червоно-бурими глинами та важкими суглинками, тут виклинюється. Іноді між лесовою товщею та алювієм залягають червоно-бурі суглинки, але вони малопотужні, не витримані за протяжністю і не можуть слугувати водотривкістю для водоносного комплексу в лесових відкладах. Тому території ці здебільшого не відтоплені, з глибиною залягання ґрунтових вод > 10 м [35].

За Бельгардом А.Л. [51] територію міста можна поділити на мікроландшафти. Правобережна частина Дніпра, де розташований ботанічний сад ДНУ, належить до приводороздільно-балкового типу, лівобережна – до долинно-терасового типу. Крім цього на правобережній околиці міста окремо виділяється придолинно-балковий тип ландшафту.

Ґрунтоутворювальними породами на вододілі є нижні і середньочетвертинні лесиеолово-алювіального походження, стародавні алювіальні відклади, сучасні алювіальні, делювіальні та пролювіально-делювіальні відклади. Леси вкривають усю територію вододільної області товщиною до 25-30 м. Загальною закономірністю лесів є зменшення їхньої потужності від вододільних плато до долин річок і тальвегів балок та обваження механічного складу від піщано-легкосуглинного до глинистого при віддаленні від Дніпра. Леси характеризуються буро-палевим і жовто-палевим кольором, пористістю і високою карбонатністю, що досягає 10-20% [15]. Механічний склад –

важкосуглинистий і легкосуглинистий [2]. Щільність ґрунтової маси сягає $1,5 \text{ г/см}^3$, з глибиною зростаючи до $1,8 \text{ г/см}^3$. Сума водорозчинних солей не перевищує 0,3%. У тальвегах балок делювіальні відклади. Потужність наносних порід сягає 1,5-3,5 м. Механічний склад відповідає, як правило, зональним ґрунтам [33].

Червоно-бурі глини та суглинки підстиляють леси, а в нижніх третинах схилів і на схилах південної експозиції слугують ґрунтоутворювальними породами. Для них характерна висока щільність, твердість, призмovidна структура, висока карбонатність, наявність карбонатних конкрецій, засоленість. Сума водорозчинних солей – 0,1-1,3 %.

Ґрунтові води в районі дослідження розташовані на глибині від 25 м до 14 м. Значну дренуючу функцію відіграє відріг Красноповстанської балки, на схилі північно-західної експозиції якої розташована основна частина території ботанічного саду [10].

2.3 Ґрунтовий покрив

На території Дніпропетровської області домінують чорноземні ґрунти різних підтипів (звичайні та південні), родів (еродовані, лучні, засолені, солонцюваті, осолоділі), видів (потужні, середньо- та малопотужні, середньо-, малогумусні та слабогумусовані; слабо-, середньо- і сильноеродовані), різновидів (за механічним складом переважно середньо-, важкосуглинкові та легкосуглинисті) і розрядів (сформовані на лесах і лесоподібних суглинках, подекуди на червоно-бурих глинах та суглинках, сіро-зелених мергелистих і темно-сірих сланцевих глинах, піщаних і супіщаних породах, на елювії масивно-кристалічних порід) [39].

У межах Дніпропетровської області на чорноземи повнопрофільні, що залягають на плоскорівнинних просторах, припадає 48,3% усієї площі земель, зокрема на звичайні чорноземи – 42,3%, південні – 5,7%, солонцюваті – 0,3%, на еродовані ґрунти схилів різної крутизни та протяжності, різних форм і експозицій – 36,6%, зокрема на слабкоеродовані – 27,3%, на середньо- та сильно-еродовані – 9,3%. На решті території області розподілені лучно-чорноземні, чорноземно-лучні, лучні, лучно-болотні, болотні, засолені, солонцюваті, осолоділі, а також дернові

грунти, солончаки та солонці. [19]. В умовах степової зони винятковий інтерес становлять ґрунти байрачних лісів. В умовах імперміцидного зволоження тут формуються чорноземні ґрунти якісно своєрідних видів: чорноземи лісові (байраки та пристени). Під лісовими насадженнями на плакорі формуються чорноземи лісопокращені (лісові культурбіогеоценози) [41].

У заплавах річок формуються заплавно-лучні, болотні; на других терасах річок – ґрунти дерново-степові та дерново-борові піщані; на третіх терасах – ґрунти засоленого ряду, солонці, солончаки та солоди. Лісові біогеоценози формують у негативних формах рельєфу лучно-лісові, болотно-лісові та інші типи, підтипи та види ґрунтів [39].

При переміщенні на південь області чорноземи звичайні малогумусні потужні змінюються на середньопотужні, потім малопотужні та чорноземи південні. Глибина гумусованого профілю ($H+H_p$ або $A+B_1$) залежить від умов загального зволоження території. На півночі області, де опади становлять 497 мм на рік, формуються чорноземи звичайні середньо- і малогумусні, потужні, середньо- і важкосуглинкові та легкоглинкові на лесовидному суглинку з глибиною гумусованого профілю 80-90 см [35].

У центральній частині області (457 мм опадів на рік) формуються чорноземи звичайні малогумусні, середньогумусні, важкосуглинкові та легкоглинисті на лесовидних суглинках ($H+H_p=68-80$ см). У південній частині області формуються південні чорноземи з глибиною гумусованого профілю 60-66 см (431 мм опадів у середньому на рік) [44]. Територія м. Дніпра знаходиться на стику між зоною поширення чорноземів звичайних малопотужних і чорноземів звичайних середньопотужних. Уздовж долини річки Дніпро розташовані по обидва боки, смугою до 30 км чорноземи полегшеного, механічного складу – супіщані, легкосуглинкові та середньосуглинкові [24].

Як приклад цих чорноземів можна розглядати вивчений на території ботанічного саду ДНУ в 60-ті роки чорнозем звичайний потужний, малогумусний, легкосуглинковий на лесах [26].

На даний час на території Дніпра зосереджені ґрунти 4 груп: природні непорушені, антропогенно-поверхнево-перетворені природні ґрунти,

антропогенноглибокоперетворені ґрунти, а також техногенні поверхневі ґрунтові утворення. Природні непорушені ґрунти зберігають нормальні залягання горизонтів природного ґрунту і зосереджені в міських лісах і лісопаркових територіях. Вони визначаються згідно із загальноприйнятими класифікаціями [38].

Антропогенно-поверхнево-перетворені природні ґрунти містять діагностичний горизонт «ur2 –урбік», потужністю <50 см і непорушену нижню частину профілю. Вони зберігають типову назву з додаванням як приставки – «урбо»–урбочорнозем, урбо-дерновий ґрунт [26].

Антропогенно-глибокоперетворені ґрунти утворюють групу власне міських ґрунтів – урбаноземів, у яких горизонт «ur» має потужність >50 см. Поверхневі ґрунтові утворення – це насипні, змішані, намівні утворення, повністю створені людиною (штучно створені ґрунтоподібні утворення) [20].

До антропогенно-глибокоперетворених ґрунтів належать клас власне антропогенно-глибокоперетворених ґрунтів і клас поверхнево-ізолюваних ґрунтів. Перші ґрунти – це власне урбаноземи: урбаноземи, культуроземи, некроземи, плантоземи, інтруземи. У другому випадку це – тексіземи, ґрунти зі зрізаним ґрунтовим профілем або нанесеним новим матеріалом, ґрунти під дорожніми асфальто-бетонними та кам'яними покриттями [30].

До техногенних поверхневих штучно створених ґрунтоподібних утворень відносяться класи техноземів і штучноземів, типи – урботехноземів і урбоштучноземів, підтипи: ростозем, конструкторзем, насипний урбоштучнозем, намівний урбоштучнозем, тексіштучнозем.

У межах приводороздільно-балкового мікрорел'єфу зустрічаються окрім урбаноземів такі ґрунти [31]:

а) на VII-IX еоплейстоценових і V-VI ранньоплейстоценових терасах поширені урбочорноземи звичайні малогумусні середньо- і легкогумусні, різного ступеня порушеності. Це ґрунти парків і приватних секторів (малоповерхова забудова з відкритою поверхнею).

б) III-IV тераси в місцях із рівним рельєфом укріті урбочорноземами звичайними, у понижених місцях – урболугово-чорноземними, урбочорноземно-луговими та урболуговими ґрунтами. Лучно-болотні ґрунти в тавельгах балок.

в) на I-II пізньоплейстоценових терасах, крім вищезазначених, – дернові слаборозвинені ґрунти глинисто-піщаного та супіщаного складу.

У межах придолинно-балкового ландшафту [32]:

а) урботорноземи звичайні малогумусні та середньогумусні, середньосуглинисті та легкосуглинисті, різного ступеня змитості;

б) у пониженнях урболугово-чорноземні ґрунти.

У межах долинно-терасового ландшафту:

а) урбодернові слаборозвинені та розвинені піщані ґрунти на давньоаллювіальних відкладах;

б) уздовж арени і при переході від I до II тераси поширені урбодернові розвинені та слаборозвинені ґрунти піщаного і супіщаного складу на похованих лучних і болотно-лучних ґрунтах;

в) у деяких місцях зустрічаються урбо-дерново-борові ґрунти;

г) досить широко поширені урболугові та урболугово-чорноземні ґрунти слабко- і середньосолонцюваті на алювіальних відкладеннях супіщаного і піщаного механічного складу;

д) верхні тераси вкриті урботорноземами звичайними переважно легкосуглинкового та супіщаного характеру.

Не виключається можливість існування природних ґрунтів (лучно-чорноземних, чорноземно-лучних, лучних, чорноземів, лучно-болотних, болотних, алювіально-борових).

Ґрунти міст мають такі риси [18]:

- змінені фізичні властивості (кам'янистість, ущільненість, вологоємність);
- наявність включень побутового та будівельного сміття;
- зміна кислотно-лужного балансу;
- формування ґрунтів на насипних, наливних або змішаних ґрунтах;
- відсутність дефіциту елементів живлення;
- надлишок фосфору в ґрунті;
- порушення водного балансу;
- зростання профілю завдяки атмосферному напилению;
- закриття поверхні різними видами покриттів;

– забруднення ґрунтів фтором і важкими металами.

Властивості міських ґрунтів залежать насамперед від характеристик субстратів, які дуже різноманітні (від осадових до гірських порід). Ґрунтовий покрив міських територій формується під сукупним впливом зонально-кліматичного та середовищеутворювального (домінуючого) антропогенного чинників. Такими особливостями володіють і ґрунти м. Дніпра [116].

2.4 Рослинність.

Територія Дніпропетровської області, що входить до складу степового Придніпров'я, розташована в межах зони справжніх степів [2, 3]. Тут формуються різнотравно-типчаково-ковилові степи [2, 16, 26]. Справжні степи поділяються на дернинно-злакові багаторазнотравні та дернинно-злакові біднорізнотравні степи. Межа, що розділяє ці підтипи, проходить по лінії Кривий Ріг – Запоріжжя – Бердянськ. Багаторазнотравні степи формуються в межах зони звичайних чорноземів. Тут панують вузьколисті щільнодернинні злаки, такі як ковила Лессінга (*Stipa lessingiana* Trin. et R.), ковила тирса (*S. capillata* L.), типчак борознистий (*Festuca valesiaca* Caud.), тонконіг витончений (*Koeleria gracilis* Pers.). Як домішки виступають дводольні – люцерна прямостояча (*Medicago Kotovii* Wissjul.), підмаренник російський (*Galium ru-thenicum* Willd.), серпуха промениста (*Serratula bracteifolia* Stank.), комірник шестипелюстковий (*Filipendula hexapetala* G.), конюшина альпійська (*Trifolium alpestre* L.), конюшина гірська (*T. montanum* L.) та ін [41].

Біднорізнотравні степи розташовані в зоні південних чорноземів і темно-каштанових ґрунтів. Тут домінують вузьколисті щільнодернинні злаки. Різнотрав'я представлене ксерофітами – деревієм м'яким (*Achillea nobilis* L.), піретрумом кучерявим (*Tanacetum achilleifolium* Bieb.), грудницею вовнистою (*Crinitaria villosa* (L.) Grossh.) тощо. Існує помітна розімкненість травостою. У весняний час формується синюзія ефемерів та ефемероїдів: ерофілії весняної (*Erophila verna* (L.) Bess.), бурачка польового (*Alyssum calycinum* L.), тюльпана Шренка (*Tuliras chrenkii* Regel.), гусячої цибулі (*Gagea bulbifera* (Pall.) Saliab.). На поверхні ґрунту часті лишайники (*Usnea*, *Cetraria*) [16].

У яружно-балкових системах, у сприятливіших ґрунтово-кліматичних умовах, зростають байрачні ліси, які поєднуються зі степовими цілинками на схилах і луками по тальвегах балок [29].

У долинах річок Дніпра, Орелі, Самари, Інгульця, Вовчої трапляються оазиси лісової та болотної рослинності, що має північний характер [17]. Прикладом є Самарський бір, де ділянки псамофільного степу на піщаних терасах чергуються із сосняками, березняками, вільшняками та торф'яними болотами. У заплаві поширені солонцюваті, солончакові луки зі справжньою солонцюватою та солончаковою рослинністю, лісова рослинність водно-болотна рослинність. На третіх солонцево-солончакових терасах формується галофітна рослинність. Це інтрозональні та екстрозональні типи рослинності [38], у той час як степова рослинність на плакорі за даних умов є зональною [23].

На території Дніпра наприкінці минулого століття (XIX ст.) лучна і лучно-лісова рослинність поблизу річки Дніпра у напрямку до плабору змінювалася степовою. Схили балок, у тальвегах яких були зосереджені річки, що впадають у р. Дніпро, були заселені лісовою рослинністю, яка у верхніх частинах схилів змінювалася степовою [3].

На території нинішньої Красноповстанської балки та її яружно-лісової системи існувала річка Половиця з притоками. Її береги були заселені лісовою рослинністю, яка межувала зі степовою. Зараз на даній території зосереджено у відкритому ґрунті 414 видів деревно-чагарникової рослинності, 95 видів ліан, 518 видів квітково-декоративних культур, 288 лікарських трав, 134 види корисних для людини технічних культур, 108 видів рослин природної флори. Представлено Європейські, Північно-Американські, Кавказькі, Кримські, Середземноморські, Японсько-Китайські, Далекосхідні, Середньоазійські, Сибірські і навіть Гімалайські та Індійські види рослин [41, 116].

Рослинність міської системи складається з дерев, чагарників, газонних трав, декоративних і рудерантних рослин [15, 36]. Багато видів – мігрантів. У містах людина закладає зелені насадження в бажаній для неї формі, використовуючи 300-350 видів рослин, які «прийшли» в міські екосистеми в різні часи і з різних регіонів [41, 51].

2.5 Тваринний світ.

Тваринний світ регіону включає представників степів, дібров, борів, боліт. Під дією комплексу чинників, і насамперед антропогенного, фауна степів значно збідніла, з іншого боку – поповнилася новим змістом. У розподілі ссавців існує сувора залежність від певних екологічних умов. Найбільш заселені природні заплави (93% усіх видів ссавців) і байрачні (65%) ліси. У долинних штучних лісах – 60 %, у плакорних лісах – 53 %, у лісосмугах – 40 %, у соснових аренних лісах – 32 % видів тварин. Значне місце посідають гризуни та зайцеподібні: заєць-русак, хом'як, крапчастий ховрах, курганчинова миша, сліпак понтійський, степовий бабак [6].

У штучних і природних насадженнях водяться: вовк звичайний, кабан, лисиця звичайна, борсук, їжак, кріт, видра. Для степових ділянок характерні їжак вухатий, лисиця степова, ласка Микольського, тхір-перев'язка, заєць-русак, тушканчик трипалий [8].

Із птахів на території області можна зустріти домовика-горобця, велику синицю, лазоревку, великого і малого строкатих дятлів, сорокопуга-жулана, сіру чаплю, квакву, вись, крижень, лисицю [24].

З рептилій слід відзначити вужа звичайного, полоза, черепаху болотну, гадюку лісову, ящірку прудку [9].

Амфібії представлені жабою озерною, часничницею, жерлянкою червоночервою [9].

Ентомофауна вирізняється значною різноманітністю. Одних тільки лускокрилих відзначено 406 видів. Для деревно-чагарникових порід зареєстровані шкідники – комахи розподіляються таким чином: шкідники дуба – 312 видів (41,3%), тополь, осики – 130 видів (17,2%), в'яза, ільма, береста – 62 види (18,2%), верб – 77 видів (10,2%), кленів польового, гостролистого, татарського – 60 видів (7,9%), сосни звичайної, кримської та Банка – 53 види (7,0%), ясена звичайного, зеленого та пухнастого – 35 видів (4,6%), берези – 45 видів (6,9%), липи дрібнолистої – 12 видів (1,5%), білої та жовтої акації, гледичії – 30 видів (3,9%), терну – 59 видів (7,8%), глоду – 43 види (6,7%), ліщини – 45 видів (6,9%), бузини чорної, свидини, скумпії, жостеру ламкого та проносного, жимолості татарської,

ялівцю віргінського, шипшини, бірючини, бересклету європейського та бородавчастого – 36 видів (4,6%) [7].

У лісових підстилках виявлено 137 видів безхребетних, що належать до 5 класів, 9 загонів, 32 родин, 86 родів [9].

Фауна міста представлена порівняно невеликим числом видів тварин. Ссавці представлені головним чином собаками, кішками, мишами, щурами. Серед птахів – горобці, голуби, ластівки, стрижі, зустрічаються дятли, дрозди, шпаки, велика синиця і тощо. Фауна урбоекосистем страждає як і флора від надмірного антропогенного навантаження (58% видів птахів, ссавців, плазунів, земноводних від загальної кількості видів природної фауни) [38].

2.6 Екологічна ситуація

Майже вся Дніпропетровська область сильно забруднена. Екологічна ситуація в регіоні характеризується як кризова. Валовий викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря перевищує 1 т на рік. У Дніпропетровській області переважає гірничодобувна промисловість; концентрація заводів у регіоні дуже висока, а рівень екологічної безпеки обладнання та очисних систем надзвичайно низький [1].

Місто розташоване по обидва боки річки Дніпра. Основна, старіша частина його – на високому і крутому правому березі. Лівобережна частина – представлена новобудовами, переважно рівнинна. Як було зазначено в попередньому розділі, правобережна частина має форму хвилястої височини, порізаної глибокими балками та ярами, з перепадами висот до 120-135 м, що погіршує умови провітрювання території [39].

Унаслідок діяльності двох металургійних, 2 трубних, коксохімічного, шинного, лакофарбового заводів, найбільших машинобудівних підприємств, включно з найбільшим в Україні заводом «Південмаш», утворюється смог, насичений різними отруйними речовинами, такими, як діоксид сірки, окис азоту тощо. Підприємства скидають у Дніпро великий обсяг неочищених і недостатньо очищених вод стоку. У межах міста в Дніпро впадає р. Самара. Самара, що протікає через вуглевидобувні райони Західного Донбасу і приймає велику

кількість шахтних вод [51]. Понад 18% (6,3 тис. га) території міста знаходиться в зоні підтоплення через зарегульованість стоку Дніпра на лівому березі, витoki у водопровідних мережах, незадовільний дренаж земель (зливові стоки) на правому березі річки. Підвищення рівня ґрунтових вод з плином часу і, як наслідок, деформації, що спричиняють осідання, охоплюють понад 6% території правого берега річки [76].

Екологічна ситуація в місті залежить від Кам'янського (45 км) з металургійною промисловістю, Кривого Рогу (151 км), де зосереджена гірничодобувна і металургійна промисловість [14]. Ще більшою загрозою для екологічної ситуації є розміщення в місті екологічно небезпечних об'єктів, таких як металургійний завод «Дніпросталь» (ВАТ «Інтерпайп», Нижньодніпровський трубний завод), завод з утилізації перероблених акумуляторних батарей корпорації «Веста», заводи з виробництва пластмас, дрібні металургійні цехи та дільниці [22]. Ґрунт та атмосферне повітря забруднені свинцем внаслідок діяльності цехів з виробництва та утилізації перероблених акумуляторних батарей [151]. Громадяни постійно зазнають впливу високотоксичних хімічних речовин: діоксинів, фуранів, бензапірену тощо від роботи сміттєспалювального заводу, фабрик шпалер та асфальтобетонних заводів, підприємств ВАТ «Дніпрококс», ВАТ «Дніпрошина» та десятків металургійних заводів і цехів, що використовують у своїх технологіях металобрухт, а також від спалювання сміття та листя на стихійних сміттєзвалищах [117]. Характерними особливостями викидів в атмосферу на території Дніпропетровської області є високий вміст сірководню. За кількістю викидів сірководню Дніпропетровська область посідає перше місце в Україні і тут спостерігається найбільша кількість кислотних дощів. Поява SO_2 в атмосфері в основному зумовлена процесами нагрівання та промислового виробництва. Частина сполук сірки виділяється при спалюванні органічних залишків у рудних відвалах [118].

Через постійний атаки по нафтопереробних заводах, хімічних заводах, енергетичних об'єктах, промислових складах або трубопроводах, повітря, вода та ґрунт міста були забруднені токсичними речовинами, пожежами та обвалами будівель, що може спричинити довгострокові загрози здоров'ю, такі як ризик раку

та респіраторних захворювань. Багато з цих проблем можна вважати транскордонними, тому вплив буде не тільки відчутним в певному місті України, але разом створюватиме серйозні ризики для здоров'я населення [22, 214].

Перевищення рівня шкідливих викидів в атмосфері негативно впливає на флору і фауну та не дає належному існуванню людини. В місті відновлюють та облаштовують парки і сквери на житлових масивах, в центрі, у пішохідних зонах, але екологічний стан багатьох житлових масивів у м. Дніпро не відповідає необхідним санітарно-гігієнічним вимогам [9, 16].

Загострення проблеми утилізація і складування відходів металургійного, шинного, коксохімічного та хімічного виробництв. Побутові відходи утилізуються на сміттєспалювальному заводі [51].

Щоденний транспортний рух у місті транспортних засобів та транзитних автомобілів. Щодня транспортні засоби спалюють паливо, що призводить до значного забруднення міста відпрацьованими газами, шумом, вібрацією, пилом від шин та дорожнього покриття, електромагнітним випромінюванням [4].

Через неправильне використання будівельних та оздоблювальних матеріалів, випадання радіоактивного пилу від викидів металургійних та хімічних заводів, автотранспорту, Запорізької АЕС та захоронення радіоактивних відходів (поблизу м. Кам'янське), в окремих місцях спостерігається підвищення рівня радіації [76].

За останні десятиліття Дніпропетровськ зазнав потужного екологічного навантаження, що призвело до глибокого порушення екологічної рівноваги в життєдіяльності городян.

На правобережжі, де розташована територія Ботанічного саду, розвиваються небезпечні геологічні процеси, пов'язані з наявністю лесових товщ і розвитком техногенного підтоплення. Площа підтоплення – 20% території міста. Це призводить до осідань у лесових породах і зсувів, а потім до деформації та руйнування будівель [38].

Місто, як «скринька Пандори», поглинає паливо, харчові ресурси, воду, інформацію; слугує місцем проживання та міграції людей, а натомість залишає забруднювачі повітря, тверді відходи, стічні води, впливає на клімат (острів тепла), створює шум; створює нові потоки інформації, формує людський ресурс. Його

територія оточена сільськогосподарськими, лісовими антропогенними ландшафтами, представлена промисловими, лінійно-дорожніми, водними антропогенними, рекреаційними (парки, сади), селитебними (поселення людини з будівлями, вулицями, дорогами, насадженнями) ландшафтами. Селитебний клас ландшафту складається з двох підкласів: садово-парковий (включно з Ботанічним садом ДНУ), малоповерховий (приватний сектор), багатоповерховий і заводський ландшафти.

Змінюється структура живої системи – біогеоценозу [118].

Масова вирубка зелених насаджень, посилює вплив на мешканців міста таких шкідливих фізичних факторів, як шум, електромагнітне та світлове випромінювання [117].

Виділяють три типи урбанізовані біогеоценози.

- повночленні біогеоценози зі значною участю продуцентів (інтродукованих або місцевих), редуцентів у трансформації енергії та речовини;
- системи, в яких консументи існують переважно не за рахунок продуктів, а за рахунок надходження органічної речовини в процесі життєдіяльності людини;
- неповночленні угруповання, що складаються з гетеротрофів, одні з яких живляться мертвою органічною речовиною (сапрофіти, детритофаги) та своєю чергою слугують поживою іншим (консументамдетритофагів) [4].

Під цими біогеоценозами формуються урбанізовані біотопи:

- водні та болотні;
- біотопи забудованих територій;
- біотопи автомобільних, залізничних магістралей, трубопроводів, ліній електропередач з їхніми смугами відчуження;
- біотопи деревно-чагарникових насаджень;
- відкриті біотопи з переважанням трав'яної рослинності [76].

До біотопів деревно-чагарникових насаджень здебільшого і належать системи ботанічного саду ДНУ.

Уся площа, зайнята зеленими насадженнями становить 50% від загальної площі міста. Вона включає в себе 4 парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, Діївський парк, рослинність островів на р. Дніпро та ботанічний сад ДНУ. Це

сприятливо впливає на клімат міста, а саме підвищення вологості повітря, р. Дніпро, підпертий греблею Дніпрогесу [1].

РОЗДІЛ 3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводились в рекреаційній зоні Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Штучні насадження на території парку були створені після Другої світової війни на місці природного дубового лісу. Серед деревних рослин домінували *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudoacacia*. Серед трав'янистих рослин домінували *Alliaria petiolata*, *Chelidonium majus*, *Geum urbanum*, *Viola mirabilis*, *Galium aparine*.

У 2019 році було проведено реконструкцію паркової території площею 2,8 га (рис. 3.1). В процесі реконструкції були відновлені доріжки, видалені чагарники, видалені старі, пошкоджені дерева та обрізані крони дерев. На місці видалених старих дерев були висаджені молоді дерева. Також були демонтовані старі господарські споруди, які значно погіршували естетичне сприйняття парку. До реконструкції було залучено транспорт та будівельну техніку. Роботи проводилися протягом жовтня 2020 року та протягом квітня – травня 2021 року.



1



2

Рисунок 3.1 Ландшафтні зображення території до реконструкції (1) та території після реконструкції (2) парку.

Для оцінки впливу реконструкції на стан паркових насаджень та на зміни фізичних властивостей ґрунтів у межах урбоєкосистеми на території Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара були проведені польові роботи у жовтні 2020 року та у квітні-травні 2021 року, що включали закладання 4 пробні полігони, два з них – на території, що зазнала впливу реконструкції, та два – на території без реконструкції (рис. 3.2).

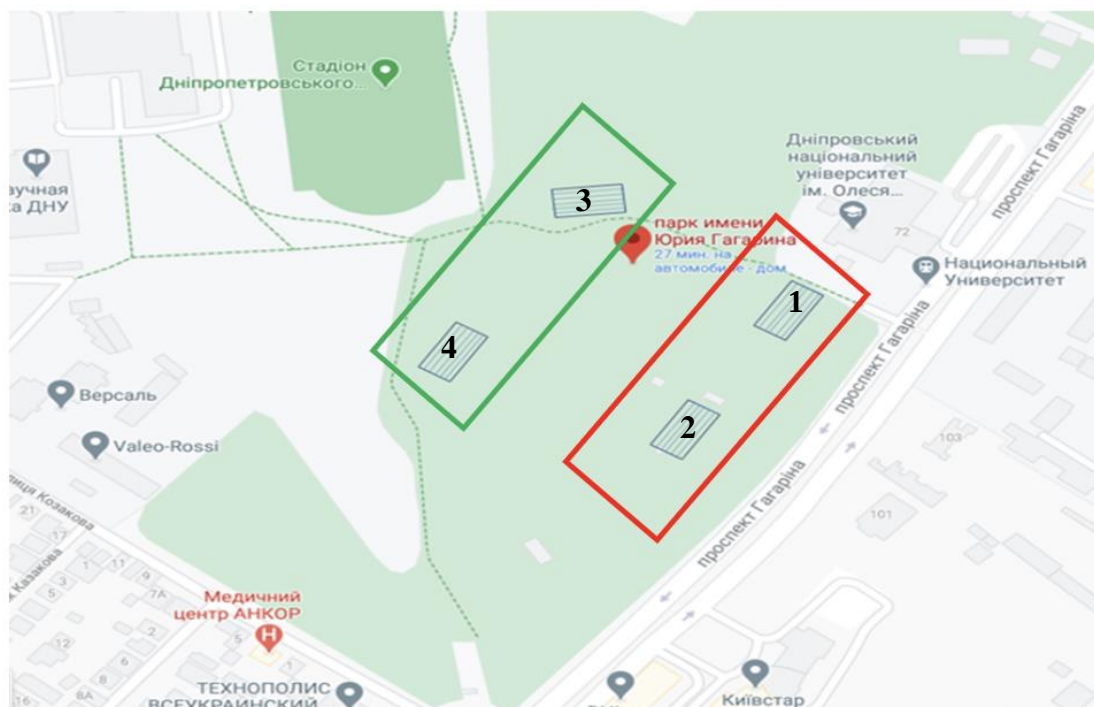


Рисунок 3.2 Розташування пробних полігонів:

- зона реконструкції (полігон 1 та 2);
- зона без реконструкції (полігон 3 та 4).

Кожен полігон складається з 7 лінійних трансект, по 15 пробних точок у кожній. Точки відбору проб формує квадрати по 3 м. Таким чином, загальний обсяг вибірки склав 105 проб (рис. 3.3).

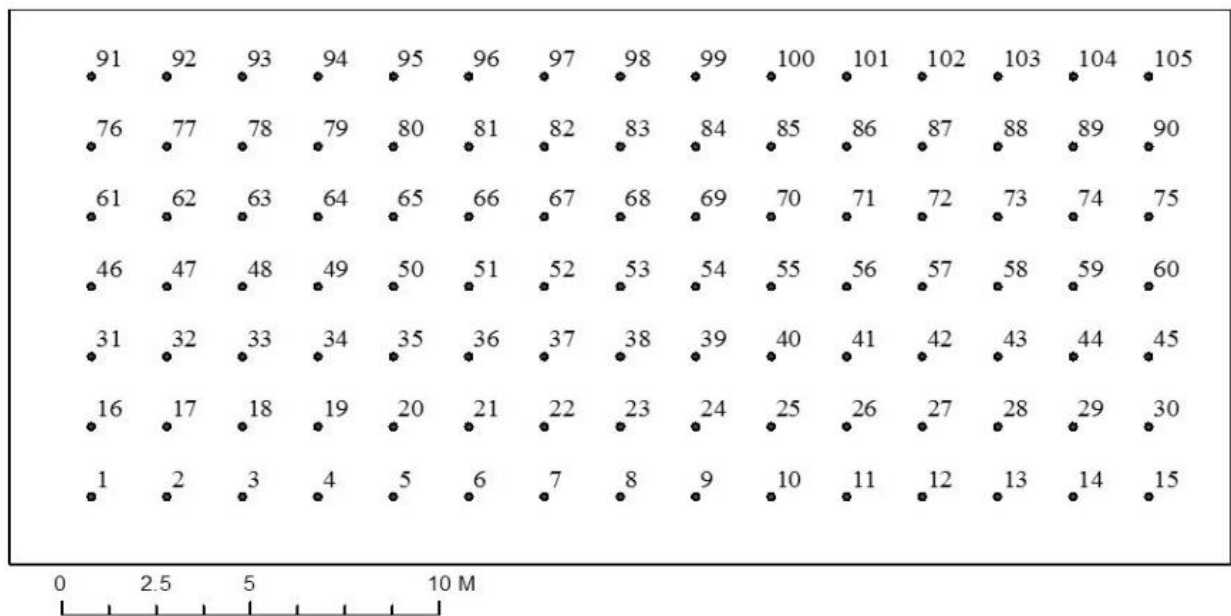


Рисунок 3.3 Схеми розміщення точок відбору проб у межах полігона. 1, 2, ..., 105 – нумерація точок

У межах кожного полігону з інтервалом 3 м проводилося вимірювання твердості (через кожні 5 см до глибини 100 см), вологості та електропровідності ґрунту (у верхньому 5-ти сантиметровому шарі ґрунту), та в жовтні 2020 року виміряно потужність лісової підстилки. Твердість ґрунту є чутливим індикатором змін фізичних властивостей ґрунту під впливом рекреації. Рекреаційна трансформація поширюється вздовж ґрунтового профілю, тому для диференціальної оцінки змін властивостей ґрунту під впливом рекреації та виокремлення змін, які пов'язані саме з рекреацією, необхідні вимірювання ґрунтових властивостей у шарі ґрунту на глибину не менше 1 метра [203, 163].

Для виміру електропровідності ґрунту *in situ* використовували 344 сенсор HI 76305 (Hanna Instruments, Wood socket, R. I.), що працює з портативним приладом HI 993310. Цей портативний вимірювальний прилад був розроблений для безпосереднього тестування ґрунту. Тестер аналізує загальну електричну провідність ґрунту, тобто об'єднану провідність ґрунтового повітря, води і часток ґрунту. Результати замірів приладу представлені в одиницях насиченості солями ґрунтового розчину – г/л. Порівняння результатів вимірювання за допомогою

приладу НІ 76305 з даними лабораторних досліджень дало змогу оцінити коефіцієнт переведення одиниць як $1 \text{ дС/м} = 155 \text{ мг/л}$ [133].

Твердість ґрунту визначали за допомогою ручного пенетрометра Eijkelkamp на глибині до 100 см з інтервалом 5 см. У межах кожної досліджуваній точці вимірювання твердості ґрунту проводилась одноразово. Діапазон вимірювання манометра пенетрометра Eijkelkamp становить 10000 кН/м^2 (10000 кПа), діапазон шкали від 0 до $1,0 \text{ кПа}$. Точність в рекомендованому вимірюваному діапазоні $\pm 8\%$ [213]. Пенетрометр складається з вимірювального пристрою з манометром і стрижня з конусом зазначеного діаметра на кінці. У набір входить також бур, що дає змогу проникати в більш щільні шари ґрунту. Він також використовується для попереднього буріння ґрунту на глибину, де планується проведення заміру. Пенетрометрія вважається основним методом для оцінки механічного опору проникненню коренів у ґрунт. Результати, отримані за допомогою цього методу, показують силу, яку необхідно прикласти для введення металевого конуса в ґрунт, та є імітацією проростання коренів рослин [120].

Вимірювання вологості ґрунту проводилося цифровим гігрометром MG-44 (рис. 3.4). Точність даного приладу складає $\pm 1\%$ [86].



Рисунок 3.4 Цифровий гігрометр MG-44

Гранулометричний склад ґрунтових агрегатів визначався відповідно до рекомендацій "Відбір проб ґрунту та методи аналізу [96]. Визначення агрегатної структури ґрунту проводилось в лабораторних умовах за допомогою лабораторних сит, розташованих в такому порядку: 10 мм, 7 мм, 5 мм, 3 мм, 2 мм, 1 мм, 0,5 мм, 0,25 мм та $< 0,25$ мм (рис. 3.5). Зважування повітряно-сухого ґрунту проводилось після видалення корневих решток. Після визначення маси, зважений ґрунт висипають на верхнє сито і, переміщуючи набір сит круговими рухами, просіювали ґрунт крізь сита [120].



А



Б

Рисунок 3.5 Прилади для лабораторних дослідження гранулометричного складу ґрунту: А – сито з різним діаметром отворів; Б – ваги.

Зважували структурні фракції, що залишилися на ситах та в піддонну, і записували їх вагу відповідно до розміру фракцій агрегатів. На верхньому ситі були структурні агрегати розміром понад 10 мм (фракція 10 мм), на ситі з розміром отворів 7 мм структурні агрегати розміром 7-10 мм (фракція 7-10 мм), на ситі з діаметром отворів 5 мм – фракція 5-7 мм і т.д. У піддоннику містилась

практично розпилена частина ґрунту (фракція, яка містить агрегати розміром менше 0,25 мм) [179].

Визначення процентного вмісту у ґрунті структурних агрегатів різного діаметра, проводилось за формулою:

$$X = A \times 100/P, \quad (3.1)$$

де X – процентний вміст у ґрунті структурних агрегатів окремої фракції; A – маса структурних агрегатів окремої фракції, г; P – маса ґрунту, взятого для просіювання (наважка) [126].

Проведені статистичні розрахунки за допомогою програми Statistica 12.0 і проекту для статистичних обчислень R (www.r-project.org) із застосуванням бібліотек *adehabitat* [65] і *vegan* [156], двовимірне картографування, оцінка геостатистичних показників і створення asc-файлів з даними просторової мінливості показників середовища – з використанням програм Surfer 8.0 і ArcGis 10.0.

Супутникові знімки Sentinel-2 досліджуваної території, отримані від Geological Survey (США), & EROS Data Center (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) на дві дати: за рік до реконструкції 6 липня 2018 року та за рік після реконструкції 6 липня 2020 року. Нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI) розраховувався на основі каналів B8 (довжина хвилі 842 нм) та B4 (довжина хвилі 665 нм) з просторовим розміщенням 10 метрів:

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4), \quad (3.2)$$

де, B8 – відбиття в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра; B4 – відбиття в червоному діапазоні спектра [107].

Згідно з цією формулою, густина рослинності (NDVI) в певній точці знімка дорівнює різниці інтенсивностей відбитого світла в червоному та інфрачервоному діапазонах, поділений на суму цих інтенсивностей. Для рослинного покриття ці дані в діапазоні від -1 до 1. Значення менше ніж 0 вказують на відсутність рослинного покриття. Значення, близькі до нуля (від -0,1 до 0,1), зазвичай відповідають безплідним ділянкам скелі, піску або антропогенних поверхонь. Значення, більші за 0, вказують на наявність рослинності. Чим ближче до 1 значення NDVI, тим щільнішим є рослинний покрив [110].

Індекс гемеробіальності враховує частку гемеробних видів у видовому складі фітоценозу:

$$I_{gem} = \sum (K \cdot D_{gem}) \quad (3.3)$$

де I_{gem} – індекс гемеробіальності; K – коефіцієнт (бал) гемеробії видів (для антропофобних видів він від’ємний, для антропофільних – більше нуля); D_{gem} – частка в угрупованні видів кожного класу гемеробії [46].

Підхід з використанням шкал гемеробії видів для синфітоіндикації використали Я. Дідух та І. Хом’як. Ними було розроблено 18-бальну шкалу гемеробії на основі врахування 12 різних загроз від людської діяльності. Згодом цю шкалу автори застосували саме для аналізу ступеня антропогенної трансформації екосистем Словецько-Овруцького кряжа (північ Центрального, або Житомирського Полісся) [50].

РОЗДІЛ 4 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗЕЛЕНОГО НАСАДЖЕННЯ ПАРКОВОЇ ТЕРИТОРІЇ ЗА ТВЕРДІСТЮ ҐРУНТУ

Екологічна оцінка реконструкції зеленого насадження паркової території за твердістю ґрунту передбачає аналіз впливу змін, що відбуваються під час реконструкції, на фізичні властивості ґрунту, зокрема на його твердість, через використання транспортних засобів та людського фактора загалом. Зазвичай екологічна оцінка, реконструкції зеленого насадження паркової території за твердістю ґрунту, допомагає врахувати потенційний вплив змін на природні процеси та екосистему парку, щоб забезпечити сталий розвиток та збереження природних ресурсів [206].

Геоботанічне обстеження парку, яке було проведено у 2013 році показало, що рослинні угруповання на досліджуваних полігонах представлені 36 видами рослин (табл. 4.1). Реконструкція ботанічного саду полягала у видаленні 74 старих дерев, санітарній обрізі деяких насаджень. Зменшення крони дерев або їх видалення супроводжується збільшенням впливу ультрафіолетового опромінення на поверхню ґрунту. Саме це призводить до його осушення та в подальшому може призвести до збільшення твердості ґрунту.

Для визначення стану рослинності після реконструкції було використано індекс NDVI. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – це індекс, який використовується для оцінки здоров'я та густини рослинного покриву на землі на основі супутникових зображень. Цей індекс розраховується на основі відношення різниці інтенсивностей світла в червоному та ближньому інфрачервоному спектральних діапазонах.

NDVI дозволяє визначити ступінь активності фотосинтезу та загальний обсяг зеленої біомаси на землі. Високі значення NDVI зазвичай вказують на наявність густого та здорового рослинного покриву, тоді як низькі значення можуть вказувати на відсутність рослин або на їхній поганий стан.

Таблиця 4.1 Структура рослинних угруповань полігонів (проективне покриття видів рослин представлено балами щільності Брауна-Бланке*) за даними 2013 року

Види та життєві форми раункієвих рослин	Полігон			
	1	2	3	4
Фанерофіти				
<i>Acer campestre</i> L.	3	0	0	2
<i>Acer negundo</i> L.	0	0	0	2
<i>Acer platanoides</i> L.	2	2	2	2
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	0	1	0	0
<i>Айлант височенний</i> (<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle)	0	2	0	0
<i>Betula pendula</i> Roth	2	0	0	0
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	2	3	2	2
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	2	2	2	2
<i>Populus nigra</i> L.	3	0	0	0
<i>Pyrus communis</i> L.	0	2	0	0
<i>Quercus robur</i> L.	2	0	0	0
<i>Робінія псевдоакація</i> (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	4	2	4	2
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	2	0	0	2
Нефанерофіти				
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	0	0	0	1
Гемікриптофіти				
<i>Alliaria petiolata</i> (M.Bieb.) Cavara et Grande	2	2	3	2
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	0	0	2	0
<i>Arctium мінус</i> (Hill) Bernh.	0	2	2	0
<i>Ballota nigra</i> L.	0	0	1	1
<i>Carex melanostachya</i> Bieb. ex Willd.	0	0	1	2
<i>Chelidonium majus</i> L.	2	3	2	2
<i>Daucus carota</i> L.	1	0	0	1
<i>Fragaria viridis</i> (Duch.) Weston	0	0	1	0
<i>Geum urbanum</i> L.	2	3	2	2
<i>Подорожник великий</i> L.	1	0	0	0
<i>Poa angustifolia</i> L.	1	0	0	0
<i>Poa nemoralis</i> L.	0	0	2	2
<i>Solidago canadensis</i> L.	1	0	0	0
<i>Taraxacum campylodes</i> G.E.Haglund	1	0	1	0
<i>Віола чудодійна</i> (<i>Viola mirabilis</i> L.)	4	2	4	1
Терофіти				
<i>Atriplex micrantha</i> C. A. May	1	0	0	0
<i>Galium aparine</i> L.	2	2	2	2
<i>Impatiens parviflora</i> DC.	0	0	0	2
<i>Lactuca serriola</i> L.	1	0	0	0
<i>Стелларія медіа</i> (<i>Stellaria media</i> (L.) Vill)	0	0	1	0
Геофіти				
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	2	0	2	0
<i>Humulus lupulus</i> L.	2	0	0	0

* – 1 – покриття <5%; 2 – покриття 5-25%; 3 – покриття 25-50%; 4 – покриття 50-75%; 5 – покриття 75-100%

NDVI широко використовується в наукових дослідженнях, а також в різних галузях, таких як сільське господарство, лісове господарство, екологія, кліматологія та географія. Цей індекс дозволяє відстежувати зміни в рослинному покриві з часом, виявляти зони деградації чи відновлення екосистем, а також оцінювати вплив людської діяльності на природні ресурси [107].

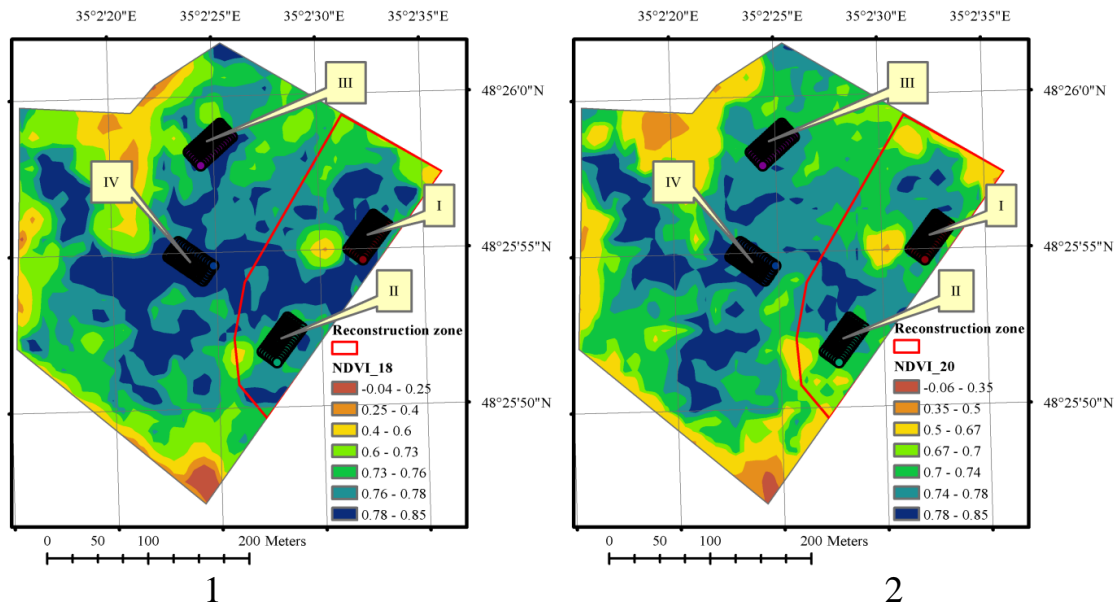


Рисунок 4.1 Просторова варіація NDVI 6 липня 2018 року (1) та 6 липня 2020 року (2)

Значення NDVI статистично значуще залежали від типу полігону, взаємодії року і року та типу полігону (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 Таблиця ANOVA між NDVI та типом полігону, роком та взаємозв'язком між полігоном та роком ($R^2_{adj}=0.50$, $F=19.2$, $p<0.001$)

Ефект	Сума квадратів (SS)	Ступенів свободи	Середні квадрати (MS)	F-коефіцієнт	p-рівень
Перехоплення.	75.7	1	75.7	204333.9	<0.001
Полігон	0.0414	3	0.0138	37.26	<0.001
Рік	0.0041	1	0.0041	10.99	<0.001
Полігон×Рік	0.0042	3	0.0014	3.79	0.01
Помилка.	0.0441	119	0.0004	-	-

Полігон 2 вирізняється найнижчим рівнем NDVI, який приймає значення $0,75 \pm 0,0032$ (рис. 4.2). Полігони 1 та 3 не відрізнялися за значенням NDVI, що

підтверджено тестом значущості для запланованого порівняння ($F=0,01$, $p=0,92$). Полігон 4 мав найвище значення NDVI, яке становило $0,80 \pm 0,0033$. У 2020 році NDVI мав менше значення, ніж у 2018 році. Така різниця зумовлена зменшенням NDVI на полігонах, які опинилися в зоні реконструкції парку. Відмінності між роками в полігонах 3 і 4 не були статистично значущими, що підтверджено тестом на значущість для планового порівняння ($F=0,009$, $p=0,92$). У свою чергу, відмінності між роками в полігонах 1 і 2 були статистично значущими, що підтверджено тестом на значущість для планового порівняння ($F=21,26$, $p<0,001$).

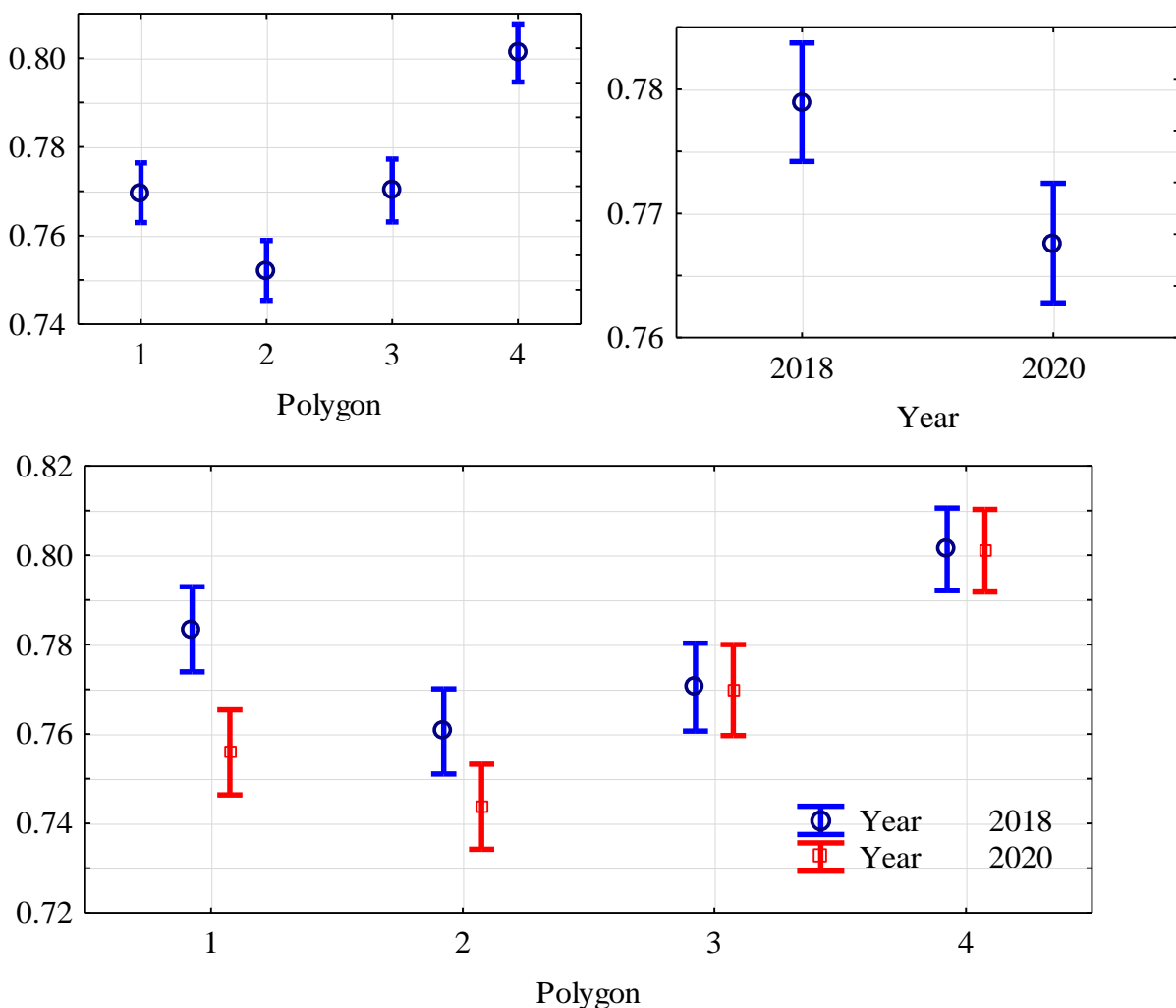


Рисунок 4.2 Залежність значень NDVI (вісь ординат) від полігону, року та взаємодії року і полігону за результатами факторної ANOVA

Полігони мали специфіку властивостей ґрунту, яка значною мірою залежала від проведеної реконструкції міського парку (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 Результати вкладеного дизайну ANOVA для вивчення впливу полігону та реконструкції (полігон вкладений у зону реконструкції)

Ефект	R^2_{adj}	Модель			Залишок			F-коefficient	p-рівень
		Сума квадратів (SS)	Ступені свободи	Середній квадрат (MS)	Сума квадратів (SS)	Ступені свободи	Середній квадрат (MS)		
PC1	0,87	0,75	0,75	2717,2	3	905,7	892,5	416	2,15
PC2	0,50	0,25	0,24	511,9	3	170,6	1566,6	416	3,77
PC3	0,29	0,09	0,08	157,0	3	52,3	1673,2	416	4,02

Площа територій з високим значенням NDVI, які відповідають густим старовіковим насадженням, сильно зменшилася в зоні реконструкції. Варто також зазначити, що такі деревостани стали ще більш фрагментованими. Полігони в зоні реконструкції вирізнялися значним зниженням індексу NDVI, тоді як полігони в контрольній зоні суттєво не відрізнялися за цим показником. Таким чином, в результаті реконструкції парку зміни в структурі рослинного покриву призводять до збільшення проникнення сонячної енергії та збільшення її кількості, яка досягає поверхні ґрунту.

Отримані результати свідчать про сприятливий стан ґрунтів міського парку за показниками насипної щільності у верхніх шарах. Однак використання показників щільності ґрунту показує, що ущільнення ґрунту відбувається на значну глибину – до 35 см. Цей результат дозволяє зробити висновок, що вимірювання опору проникненню ґрунту має перевагу над вимірюванням насипної щільності ґрунту.

4.1 Варіаційні показники твердості ґрунту на досліджуваних полігонах

Твердість ґрунту на досліджуваній глибині у межах полігону №1 змінюються в межах від $1,57 \pm 0,05$ до $4,00 \pm 0,09$ МПа (табл. 4.1.1). Градієнт твердості ґрунту показує наявність двох локальних максимумів. Перший локальний максимум помітний на глибині 10-20 см, де твердість складає 1,1-4,5 МПа. Другий локальний максимум помітний на глибині 70-80 см, де твердість ґрунту сягає рівня 2,1-5,3 МПа. Середні значення твердості ґрунту в межах тестованого полігону перевищують критичні показники для росту та

розгалуження кореневої системи рослин (3 МПа), цей показник спостерігається на глибині 40-45 см ґрунтового шару. Коефіцієнт варіації твердості ґрунту знаходиться в межах 21,51-59,36%. У шарі ґрунту 0-5 см даний показник складає 32,41% та з поглибленням збільшується до показника 59,36% у шарі ґрунту 30-35 см. Після набуття цього локального максимуму коефіцієнт варіації знижується і на глибині 60-100 см виходить на плато з показниками 21,51-25,09 %.

Таблиця 4.1.1 Опис статистики твердості ґрунту в профілі полігону №1 (в МПа, N=105)

Шар ґрунту, см	Середнє ±ст.помилк а	Довірчий інтервал		CV, %	Асиметрія± ст.помилка	Екссес ±ст.помилк а
		2,5%	97,5%			
0-5	1,57±0,05	0,80	2,80	32,41	0,73±0,24	0,19±0,47
5-10	2,13±0,07	0,90	3,45	33,39	0,21±0,24	-0,79±0,47
10-15	2,34±0,08	1,10	3,90	34,83	0,35±0,24	-0,38±0,47
15-20	2,33±0,09	1,00	4,50	38,41	0,67±0,24	0,33±0,47
20-25	2,09±0,09	0,80	4,35	42,94	0,88±0,24	0,68±0,47
25-30	1,89±0,10	0,70	4,50	53,85	1,15±0,24	0,64±0,47
30-35	1,88±0,11	0,70	4,70	59,36	1,37±0,24	0,82±0,47
35-40	2,13±0,12	0,70	5,06	57,85	1,27±0,24	0,61±0,47
40-45	2,51±0,12	0,80	5,30	50,43	0,87±0,24	-0,10±0,47
45-50	3,01±0,11	1,20	5,40	39,19	0,48±0,24	-0,59±0,47
50-55	3,47±0,10	1,70	5,27	29,20	0,11±0,24	-0,90±0,47
55-60	3,70±0,09	2,02	5,17	25,09	-0,18±0,24	-0,78±0,47
60-65	3,82±0,08	2,15	5,19	22,77	-0,19±0,24	-0,78±0,47
65-70	3,91±0,09	2,20	5,26	22,56	-0,25±0,24	-0,70±0,47
70-75	3,94±0,09	2,15	5,28	22,32	-0,20±0,24	-0,72±0,47
75-80	3,96±0,09	2,10	5,37	23,55	-0,28±0,24	-0,82±0,47
80-85	4,00±0,09	2,15	5,32	22,95	-0,40±0,24	-0,59±0,47
85-90	3,97±0,09	1,95	5,32	22,71	-0,34±0,24	-0,49±0,47
90-95	3,96±0,08	2,15	5,27	21,51	-0,29±0,24	-0,37±0,47
95-100	3,94±0,08	2,30	5,30	21,53	-0,20±0,24	-0,47±0,47

Асиметрія розподілу твердості ґрунту варіюється від позитивних значень у верхніх шарах ґрунту і до від'ємних значень у більш нижчих шарах ґрунту. Позитивні значення відповідають розподілам зі зсувом вліво. Відповідно, від'ємні значення розподіляються зі зсувом вправо. Таким чином, у верхніх горизонтах показники твердості нижчі за середні зустрічаються частіше, тоді як у більш нижніх шарах показники твердості більші за середні спостерігаються частіше.

Ексцес розподілу переважно від'ємний за виключенням показників твердості на глибині 15-40 см, де ексцес є позитивний. Позитивний ексцес вказує на домінантні модельні показники, ніж це можна передбачити з огляду на випадковий розподіл. Відповідно, ексцес від'ємний вказує на бімодальний розподіл. Зі збільшенням глибини ґрунту ексцес поширення стає позитивним, що свідчить про його двовершинність. На глибині 30–35 см ексцес досягає найбільшого рівня, після чого зі збільшенням глибини спостерігається його пониження.

Твердість ґрунту на досліджуваній глибині на полігоні №2 змінювалась в межах від $1,55 \pm 0,05$ до $4,16 \pm 0,08$ МПа (табл. 4.1.2). Градієнт твердості показує наявність двох локальних максимумів. Перший локальний максимум відзначається на глибині 10-25 см, де твердість сягає рівня 0,8-4,9 МПа. Другий точковий максимум відзначається на глибині 80-90 см, де твердість ґрунту сягає рівня 2,6-5,35 МПа.

Таблиця 4.1.2 Описові статистики твердості ґрунту у профілі полігону №2 (в МПа, N=105)

Шар ґрунту, см	Середнє ± ст.помилка	Довірчий інтервал		CV, %	Асиметрія ± ст.помилка	Ексцес± ст.помилка
		2,5%	97,5%			
0-5	$1,55 \pm 0,05$	0,80	2,60	33,06	$0,30 \pm 0,24$	$-0,89 \pm 0,47$
5-10	$2,27 \pm 0,09$	0,90	4,00	39,70	$0,29 \pm 0,24$	$-1,16 \pm 0,47$
10-15	$2,62 \pm 0,11$	0,80	4,80	44,28	$0,28 \pm 0,24$	$-1,11 \pm 0,47$
15-20	$2,70 \pm 0,13$	0,90	4,90	48,07	$0,29 \pm 0,24$	$-1,34 \pm 0,47$
20-25	$2,55 \pm 0,13$	0,75	4,89	52,03	$0,39 \pm 0,24$	$-1,27 \pm 0,47$
25-30	$2,34 \pm 0,13$	0,70	4,79	56,15	$0,50 \pm 0,24$	$-1,10 \pm 0,47$
30-35	$2,17 \pm 0,12$	0,70	4,71	56,48	$0,70 \pm 0,24$	$-0,78 \pm 0,47$
35-40	$2,16 \pm 0,12$	0,80	4,87	56,00	$0,94 \pm 0,24$	$-0,23 \pm 0,47$
40-45	$2,40 \pm 0,11$	1,00	4,93	46,11	$1,01 \pm 0,24$	$0,15 \pm 0,47$
45-50	$2,78 \pm 0,09$	1,40	4,90	34,52	$0,80 \pm 0,24$	$-0,01 \pm 0,47$
50-55	$3,17 \pm 0,08$	1,90	4,99	26,88	$0,64 \pm 0,24$	$-0,20 \pm 0,47$
55-60	$3,53 \pm 0,07$	2,40	5,09	21,40	$0,50 \pm 0,24$	$-0,45 \pm 0,47$
60-65	$3,79 \pm 0,07$	2,60	5,17	18,56	$0,28 \pm 0,24$	$-0,61 \pm 0,47$
65-70	$3,91 \pm 0,07$	2,50	5,20	17,98	$0,05 \pm 0,24$	$-0,64 \pm 0,47$
70-75	$4,03 \pm 0,07$	2,60	5,29	18,51	$-0,02 \pm 0,24$	$-0,83 \pm 0,47$
75-80	$4,05 \pm 0,07$	2,65	5,30	18,67	$-0,04 \pm 0,24$	$-0,80 \pm 0,47$
80-85	$4,14 \pm 0,07$	2,60	5,29	18,07	$-0,11 \pm 0,24$	$-0,78 \pm 0,47$
85-90	$4,16 \pm 0,08$	2,70	5,35	18,69	$-0,19 \pm 0,24$	$-0,67 \pm 0,47$
90-95	$4,13 \pm 0,07$	2,75	5,36	18,37	$0,01 \pm 0,24$	$-1,11 \pm 0,47$
95-100	$4,12 \pm 0,07$	2,75	5,30	18,06	$-0,03 \pm 0,24$	$-0,89 \pm 0,47$

Коефіцієнт зміни твердості ґрунту знаходиться у діапазоні 17,98-56,48 %. У шарі ґрунту 0-5 см даний показник становить 33,06% та зі зростанням глибини збільшується до показника 56,48 % у шарі ґрунту 30-35 см. Після досягнення цього локального максимуму коефіцієнт варіації знижується і на глибині 60-100 см виходить на плато з показниками 17,96-18,69 %.

Асиметрія розподілу твердості ґрунту змінюється з позитивних значень у верхніх горизонтах ґрунту до глибини 65-70 см та до від'ємних показників у більш глибоких шарах. Позитивні значення демонструють розподіл зі зсувом вліво. Відповідно, від'ємні значення показує розподіл зі зсувом вправо. Таким чином, у верхніх горизонтах показники твердості менші за середні зустрічаються набагато частіше, тоді як у нижчих шарах значення твердості більші за середні зустрічається частіше. Екссес розподіл більшість від'ємний, за винятком показників твердості на глибині 40-45 см, де екссес статистично не змінний від нуля. Відповідно, від'ємний екссес показує на бімодальний розподіл.

На вимірній глибині твердість ґрунту у межах полігону №3 змінюється в межах від $1,05 \pm 0,04$ до $3,11 \pm 0,05$ МПа (табл. 4.1.3). Градієнт твердості вказує на наявність двох локальних максимумів. Перший точковий максимум спостерігається на глибині 10–15 см, де твердість досягає рівня 1,19 МПа. Другий точковий максимум спостерігається на глибині 80–95 см, де твердість ґрунту досягає рівня 2,1–4,15 МПа. Коефіцієнт варіації твердості ґрунту знаходиться в межах 14,87–35,78 %. Цей показник у шарі ґрунту 0–5 см становить 35,78% та зі зростанням глибини знижується до рівня 15,13 % у шарі ґрунту 95–100 см. Локальний максимум спостерігався на глибині 30–45 см коефіцієнт варіації який отримав значення 24,59–28,6 %.

Асиметрія розподілу твердості ґрунту у межах досліджуваного профілю приймала тільки позитивні значення. Позитивні значення демонструють розподіл зі зсувом уліво. Екссес розподілу переважно позитивний за виключенням показників твердості на глибині 20-30 см, де екссес статистично не відрізняється від нуля. Відповідно, позитивний екссес демонструє розподіл для якого характерним є перевищення модальних значень випадкової альтернативи.

Таблиця 4.1.3 Описові статистики твердості ґрунту в профілі полігону №3
(в МПа, N=105)

Шар ґрунту, см	Середнє± ст.помилка	Довірчий інтервал		CV, %	Асиметрія± ст.помилка	Ексцес± ст.помилка
		2,5%	97,5%			
0-5	1,05±0,04	0,70	1,95	35,78	2,31±0,24	6,50±0,47
5-10	1,17±0,03	0,80	1,79	25,85	2,46±0,24	10,62±0,47
10-15	1,19±0,03	0,70	2,00	24,94	1,97±0,24	7,81±0,47
15-20	1,14±0,03	0,60	1,80	24,32	1,09±0,24	3,41±0,47
20-25	1,13±0,03	0,60	1,70	23,65	0,16±0,24	-0,20±0,47
25-30	1,11±0,02	0,70	1,60	22,57	0,15±0,24	-0,54±0,47
30-35	1,19±0,03	0,69	1,90	25,42	1,24±0,24	3,99±0,47
35-40	1,35±0,04	0,70	2,15	28,60	1,11±0,24	3,56±0,47
40-45	1,70±0,04	1,00	2,50	24,59	0,82±0,24	1,64±0,47
45-50	2,00±0,04	1,30	2,80	20,36	0,53±0,24	0,07±0,47
50-55	2,32±0,04	1,65	3,25	17,34	0,47±0,24	0,01±0,47
55-60	2,50±0,04	1,75	3,40	16,30	0,31±0,24	0,21±0,47
60-65	2,62±0,04	1,80	3,40	15,11	0,26±0,24	0,62±0,47
65-70	2,79±0,04	2,10	3,75	14,87	0,44±0,24	0,80±0,47
70-75	2,88±0,04	2,10	3,80	14,99	0,66±0,24	1,20±0,47
75-80	2,97±0,05	2,05	3,85	15,58	0,48±0,24	1,40±0,47
80-85	3,05±0,05	2,15	4,15	16,14	0,48±0,24	1,11±0,47
85-90	3,08±0,05	2,25	4,15	16,53	0,42±0,24	0,97±0,47
90-95	3,04±0,05	2,10	4,05	15,83	0,33±0,24	1,26±0,47
95-100	3,11±0,05	2,15	4,10	15,13	0,43±0,24	1,04±0,47

Твердість ґрунту на вимірній глибині у межах досліджуваного полігону №4 змінюється в межах від $1,04 \pm 0,02$ до $3,00 \pm 0,04$ МПа (табл. 4.1.4). Градієнт твердості демонструє наявність двох точкових максимумів. Перший локальний максимум відображається на глибині 5-15 см, де твердість сягає рівня 1,24-1,26 МПа. Другий точковий максимум спостерігається в горизонті на глибині 75-100 см, де твердість ґрунту досягає рівня 1,5-3,90 МПа. Коефіцієнт варіації твердості ґрунту знаходиться в межах 15,20-29,68 %. У шарі ґрунту 0-5 см цей показник сягає 19,68% та зі зростанням глибини збільшується до рівня 29,68 % у шарі ґрунту 25-30 см, після чого знижується та виходить на плато на глибині 55-100 см, де знаходиться в межах 15,20-18,00%.

Таблиця 4.1.4 Описові статистики твердості ґрунту в профілі полігону №4 (в МПа, N=105)

Шар ґрунту, см	Середнє ± ст. помилка	Довірчий інтервал		CV, %	Асиметрія± ст. помилка	Ексцес ± ст. помилка
		2,5%	97,5%			
0-5	1,04±0,02	0,70	1,50	19,68	0,47±0,24	-0,51±0,47
5-10	1,26±0,03	0,85	1,80	21,97	1,07±0,24	1,35±0,47
10-15	1,24±0,03	0,75	2,05	25,87	0,88±0,24	0,87±0,47
15-20	1,13±0,03	0,70	1,75	25,66	0,62±0,24	0,48±0,47
20-25	1,04±0,03	0,60	1,75	28,86	0,57±0,24	-0,22±0,47
25-30	0,98±0,03	0,60	1,75	29,68	0,57±0,24	0,20±0,47
30-35	0,99±0,03	0,60	1,65	25,88	0,77±0,24	0,45±0,47
35-40	1,23±0,03	0,70	2,10	27,85	0,50±0,24	0,24±0,47
40-45	1,66±0,04	0,90	2,60	24,30	0,10±0,24	-0,16±0,47
45-50	2,06±0,04	1,00	2,85	20,43	-0,34±0,24	0,41±0,47
50-55	2,33±0,04	1,40	3,20	18,51	-0,19±0,24	0,21±0,47
55-60	2,49±0,04	1,50	3,35	17,52	-0,34±0,24	0,28±0,47
60-65	2,61±0,05	1,45	3,40	17,96	-0,69±0,24	1,73±0,47
65-70	2,71±0,05	1,45	3,60	17,27	-0,87±0,24	2,80±0,47
70-75	2,77±0,05	1,50	3,70	18,00	-0,55±0,24	0,87±0,47
75-80	2,82±0,05	1,60	3,75	17,43	-0,62±0,24	1,55±0,47
80-85	2,84±0,05	1,50	3,70	17,93	-0,95±0,24	1,63±0,47
85-90	2,98±0,05	1,80	3,90	16,67	-0,36±0,24	0,94±0,47
90-95	3,00±0,04	1,80	3,75	15,23	-0,62±0,24	0,40±0,47
95-100	2,95±0,04	1,75	3,75	15,20	-0,37±0,24	0,45±0,47

Відсутність симетрії в розподіленні твердості ґрунту у межах усього профілю отримують позитивні значення на глибині 0-45 см та від'ємні значення на глибині 45-100 см. Позитивні значення зазначають розподіл з зсувом уліво. Ексцес розподілу переважно оптимістичний за винятком показників твердості на глибині 0-5, 20-25 і 40-45 см, де ексцес статистично не відрізняється суттєво від нуля. Відповідно, позитивний ексцес свідчить про розподіл для якого характерним є переважання модальних показників випадкової альтернативи.

4.2 Екологічна оцінка показників твердості на досліджуваних полігонах

Дані про властивості ґрунту було піддано аналізу головних компонент, у результаті якого було виділено перші три головні компоненти (табл. 4.2.1). Ці компоненти дали змогу пояснити 54,4% варіації у просторі ознак. Головна компонента 1 змогла описати 26,1% варіації у просторі ознак. Ця компонента була

чутливою до протилежної динаміки твердості ґрунту від поверхні та до 35 см, з одного боку, і на глибині 50 см і нижче, з іншого боку. Саме ця головна компонента вказує на наявність протилежної тенденції у варіабельності часток агрегатних фракцій менших за 0,5 мм з одного боку і більших за 0,5 мм – з іншого. Головна компонента 2 змогла пояснити 15,0 % мінливості ознак у просторі. Цей компонент вказує на систематичну мінливість твердості ґрунту в межах ґрунтового профілю до глибини 90 см з двома локальними максимумами на глибинах 30-45 і 75-90 см.

Про загальну оцінку ступеня впливу на твердість ґрунту реконструкції ботанічного саду можна оцінити за допомогою показника R_{adj}^2 , отриманим за результатами загальної лінійної моделі (табл. 4.2.1). Його значення у всіх шарах профілю є статистично вірогідним ($p=0,001$) і змінюється від 0,22 до 0,30. Профільний розподіл даного показнику характеризується найбільшими значеннями на глибині 5-15 см, потім знижується і знову зростає, починаючи з глибини 60 см. Отже, зміни твердості ґрунту на досліджених полігонах безпосередньо пов'язані з впливом реконструкції, яка найбільше позначилась на верхніх й на глибинних шарах ґрунту.

Загальна лінійна модель свідчить про те, що тип полігону ($F=4,04$, $p<0,001$) та зона реконструкції ($F=150,8$, $p<0,001$) здатні статистично вірогідно пояснити варіювання твердості ґрунту. Просторова неоднорідність (категоріальна змінна, яка позначає відповідний полігон) та вплив реконструкції парку дозволяють пояснити 20-43 % варіювання твердості ґрунту на різних глибинах (табл. 4.2.1). До вказаних впливів найбільш чутливими є шари на глибині 5-20 см, де досліджені фактори здатні пояснити 50-55 % варіювання твердості ґрунту та на глибині 60-75 см, де фактори здатні пояснити 51 % варіювання твердості ґрунту.

Таблиця 4.2.1 Оцінка впливу на твердість реконструкції парку та просторової неоднорідності за результатами загальної лінійної моделі

Шар ґрунту, см	R_{adj}^2	F-відношення	p-рівень
0-5	0,40	92,57	<0,001
5-10	0,55	168,56	<0,001
10-15	0,66	275,01	<0,001
15-20	0,50	142,89	<0,001
20-25	0,46	122,31	<0,001
25-30	0,37	81,83	<0,001
30-35	0,32	65,69	<0,001
35-40	0,20	35,92	<0,001
40-45	0,20	35,66	<0,001
45-50	0,28	54,37	<0,001
50-55	0,35	76,95	<0,001
55-60	0,45	117,12	<0,001
60-65	0,51	148,20	<0,001
65-70	0,51	147,95	<0,001
70-75	0,51	144,50	<0,001
75-80	0,48	128,33	<0,001
80-85	0,48	127,99	<0,001
85-90	0,43	107,05	<0,001
90-95	0,43	104,78	<0,001
95-100	0,42	103,57	<0,001

Аналіз головних компонент дозволив виявити основні тенденції узгодженої мінливості ґрунтових властивостей (рис. 4.2.1). Головна компонента 1, очевидно, є відображенням трансформації властивостей ґрунту, яка відбулася в результаті реконструкції міського парку. Головні компоненти 2 і 3 вказують на особливості полігону, які не залежать від реконструкції. Таким чином, мінливість, викликана реконструкцією парку, є провідною за ступенем впливу на властивості ґрунту, оскільки головна компонента 1 описує найбільшу частку варіації властивостей ґрунту, ніж інші компоненти. Наслідком впливу реконструкції парку на ґрунтовий покрив є збільшення опору проникненню ґрунту, який починається з поверхні та поступово зменшується до глибини 35 см. Причин цього явища може бути дві. Вплив на ґрунт техногенних процесів, під час реконструкції парку, сприяли ущільненню ґрунту. Було встановлено, що технологічні машини здійснюють значний вплив на ґрунт, який за своїми розмірами перевищує видимі межі колії коліс.

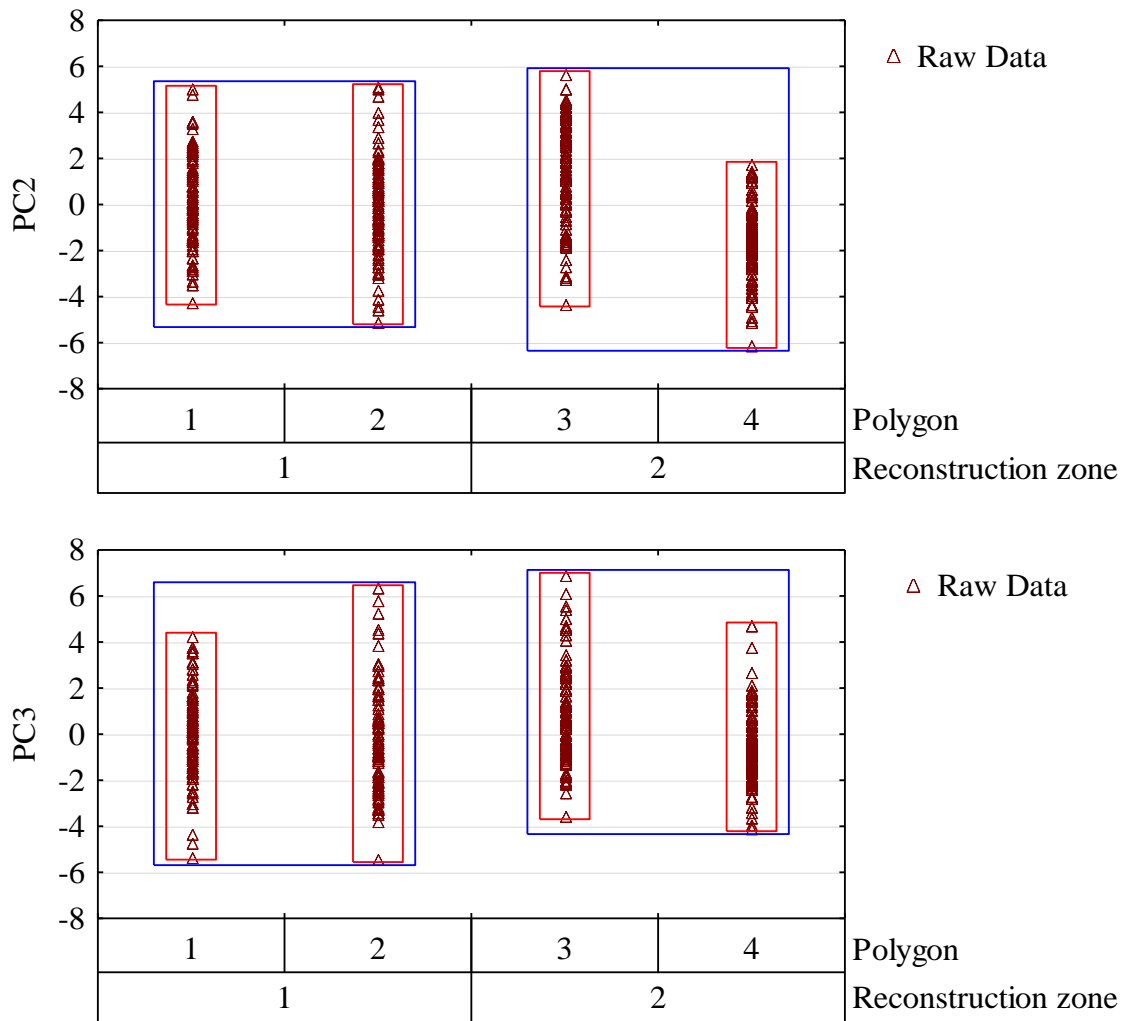


Рисунок 4.2.1 Зміна значень головних компонент залежно від полігону та ефекту реконструкції парку: представлено середнє значення та дисперсію
ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ

Цей вплив проявляється у збільшенні опору проникненню ґрунту на 100-155 % порівняно з контролем на глибині 0-10 см та на 20-30 % на глибині 45-50 см. Не можна виключати, що вплив коліс вплинуло глибше, ніж були проведені випробування.

Саме ці предиктори дали змогу пояснити 87% варіації головної компоненти 1. Головна компонента 1 пояснює мінливість властивостей ґрунту, які були спричинені реконструкцією парку ($F=23,3$, $p=0,04$) (рис. 4.2.1). Головні компоненти 2 і 3 відображають специфічну варіацію властивостей ґрунту, яка має іншу причину, ніж реконструкція парку ($F=0,013$, $p=0,92$ і $F=0,06$, $p=0,83$, відповідно).

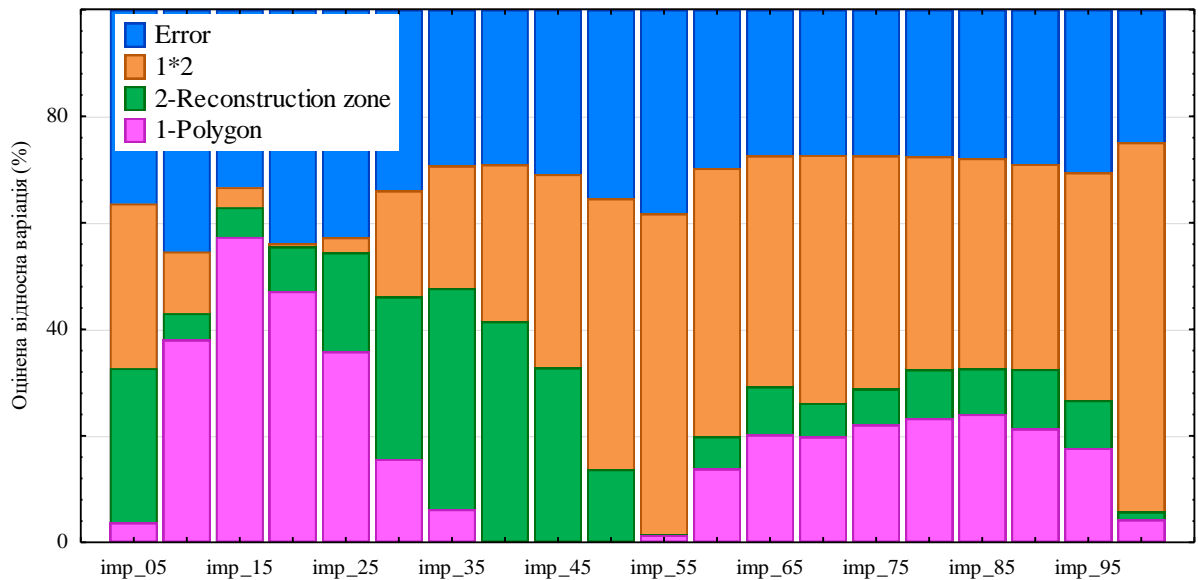


Рисунок 4.2.2 Оцінена відносна варіація за допомогою типу полігону та зони реконструкції як предиктори

Внесок предикторів у варіювання твердості ґрунту змінюється з глибиною (рис. 4.2.2). Полігон як маркер просторової неоднорідності ґрунтових умов, який не залежить від реконструкції, найбільшою мірою визначає варіювання твердості ґрунту на глибині 5-30 та 55-95 см. До впливу реконструкції найбільшою мірою є вразлива твердість на глибині 0-5 та 45-100 см.

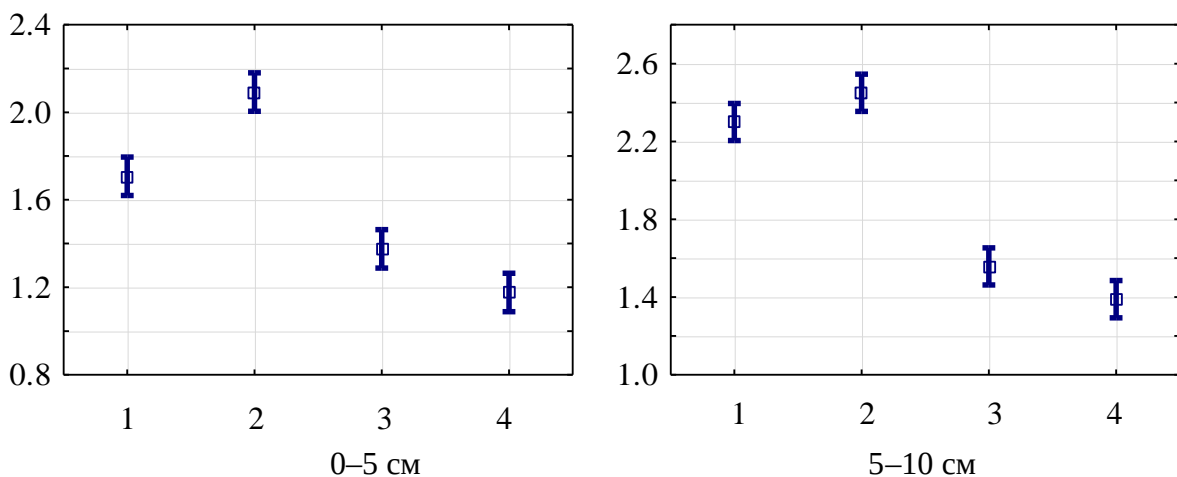


Рисунок 4.2.3 Залежність твердості ґрунту від типу полігону (в МПа, середнє та дисперсія)

З рис. 4.2.3 видно, що на верхніх горизонтах (від 0 до 10 см) твердість ґрунту, яка притаманна для полігонів для полігонів 1 та 2, середній показник

значно вище, порівняно з полігонами 3 та 4, що пов'язується з реконструкцією, яка призвела до переуцільнення даних шарів. Верхні шари ґрунту, відіграють важливішу роль виходячи з того, що саме ці шари забезпечують біологічні та фізико-хімічні процеси в ґрунті.

Висновки до розділу 4

Прорідження деревостану та знищення чагарникового підліска значно змінюють мікрокліматичний режим у міському парку та підвищують ризики надмірного випаровування вологи з поверхні ґрунту. Ці зміни можуть мати негативні наслідки для екологічних послуг, які виконує ґрунт.

Реконструкційна діяльність змінює характер профільного розподілу значень твердості ґрунту та підвищує твердість верхніх ґрунтових шарів, що негативно позначається на властивостях ґрунту, як середовища існування рослин.

Внесок предикторів у варіювання твердості ґрунту змінюється з глибиною. Полігон як маркер просторової неоднорідності ґрунтових умов, який не залежить від реконструкції, найбільшою мірою визначає варіювання твердості ґрунту на глибині 5-30 та 55-95 см. До впливу реконструкції найбільшою мірою чутлива твердість на глибині 0-5 та 45-100 см.

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕКОНСТРУКЦІЇЗЕЛЕНОГО НАСАДЖЕННЯ ПАРКОВОЇ ТЕРИТОРІЇЗА АГРЕГАТНОЮ СТРУКТУРОЮ ГРУНТУ

Сприятлива структура ґрунту та висока агрегатна стабільність є важливими для покращення родючості ґрунту, підвищення агрономічної продуктивності, покращення поруватості та зменшення еродованості.

Структура ґрунту визначає накопичення органічного вуглецю, здатність до інфільтрації, рух і зберігання газів, води та поживних речовин, появу культур і коріння, а також активність мікробних спільнот. Саме структура ґрунту може бути використаний для вимірювання стійкості ґрунту до ерозії та змін в управлінні, оскільки є мірою агрегатної стабільності, стійкості ґрунтових агрегатів до зовнішніх впливів, таких як інтенсивні опади та обробіток [57, 101, 210]. Оскільки на характер і якість структури конкретного ґрунту значною мірою впливають кількість і якість органічної речовини, а також неорганічні складові ґрунтової матриці та методи обробітку, зниження рівня органічної речовини в ґрунті, що може статися внаслідок зміни клімату, може призвести до зниження агрегатної стабільності ґрунту, збільшення схильності до ущільнення, зниження швидкості інфільтрації, збільшення стоку, а отже, і до підвищеної схильності до ерозії. Важливість структури ґрунту для майбутнього управління ґрунтовими ресурсами, переміщення поживних речовин у ґрунті та ландшафті є важливими аспектами, які слід враховувати в умовах антропогенного впливу [103].

Дослідження впливу реконструкції на структуру ґрунту, дозволили встановити, що на полігонах 1 і 2, які зазнали впливу реконструкції, збільшується вміст мікрофракцій у порівнянні з не реконструйованими ділянками, і складає 31,56% та 35,58% відповідно.

Пробний полігон № 1 значно відрізняється від інших полігонів тим, що має нижчий вміст макрофракцій, а також мезоагрегатів розміром від 3 до 10 мм (табл. 5.1). Разом з тим на даному полігоні відмічається значний вміст фракцій розміром від 0,25 до 2 мм. Пробні полігони 1 і 2 також переважають за вмістом мікроагрегатів розміром 0,25-0,5 мм. При цьому на полігонах 3 і 4, які не зазнали

реконструкції, спостерігається домінування мезоагрегатів розміром від 2 до 5 мм у порівнянні з полігонами, на яких відбулась реконструкція.

Таблиця 5.1 Розподіл агрегатних фракцій ґрунту залежно від впливу реконструкції паркового насадження (у % \pm ст. помилка від сухої ваги, N=105)

Розмір фракції, мм	Реконструкційні		Без реконструкції		Усього
	1	2	3	4	
>10	0,08 \pm 0,01	0,20 \pm 0,01	0,15 \pm 0,01	0,20 \pm 0,02	0,16 \pm 0,01
7-10	0,23 \pm 0,02	0,63 \pm 0,04	0,42 \pm 0,03	0,65 \pm 0,04	0,48 \pm 0,02
5-7	0,30 \pm 0,01	0,51 \pm 0,02	0,40 \pm 0,02	0,66 \pm 0,02	0,47 \pm 0,01
3-5	7,96 \pm 0,24	13,31 \pm 0,26	14,48 \pm 0,23	14,17 \pm 0,22	12,48 \pm 0,18
2-3	15,11 \pm 0,28	13,70 \pm 0,27	18,80 \pm 0,20	16,73 \pm 0,23	16,09 \pm 0,15
1-2	17,98 \pm 0,32	12,34 \pm 0,22	17,26 \pm 0,18	15,57 \pm 0,22	15,79 \pm 0,16
0,5-1	13,64 \pm 0,16	11,18 \pm 0,11	12,62 \pm 0,11	11,55 \pm 0,11	12,25 \pm 0,08
0,25-0,5	12,78 \pm 0,11	12,62 \pm 0,11	11,36 \pm 0,10	11,62 \pm 0,13	12,09 \pm 0,06
<0,25	31,56 \pm 0,67	35,58 \pm 0,67	24,53 \pm 0,48	28,90 \pm 0,55	30,14 \pm 0,36

Дискримінантний аналіз зміг диференціювати досліджувальні полігони за особливостями агрегатної структури (рис. 5.1). Очевидно, що за характеристикою агрегатної структури канонічний корінь 1 відокремлює полігон 1 від інших полігонів, а канонічний корінь 2 протиставить полігон 2 полігонам 3 і 4.

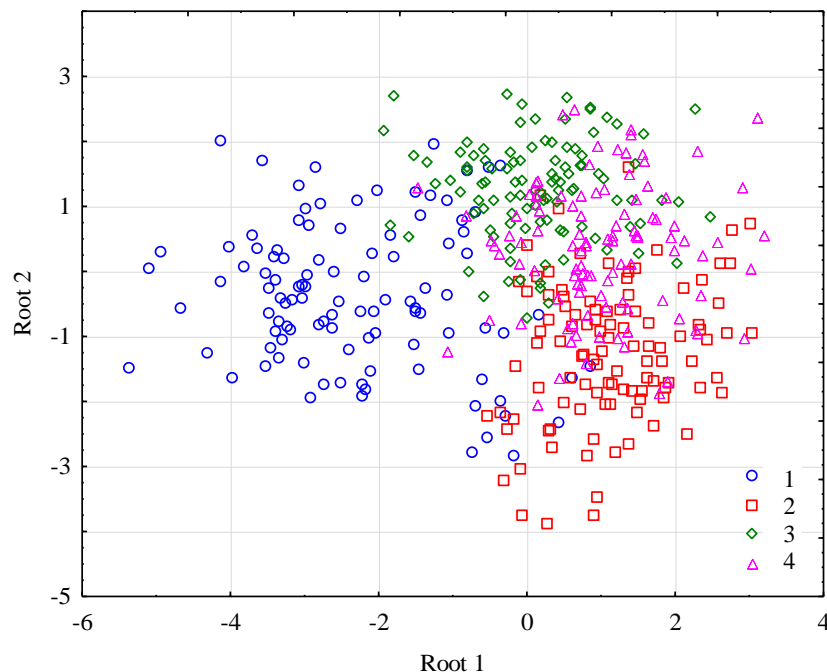


Рисунок 5.1 Розміщення експериментальних точок у просторі значень канонічних коренів

Кореляція агрегатних фракцій з канонічними коренями доказує наявність позитивного зв'язку кореня 1 з наявністю у ґрунті агрегатів розміром від 3 до 10 мм, за яким даний корінь відокремлює полігон 1 від усіх інших полігонів (табл. 5.2). У ґрунті полігону 1 агрегатів такого розміру менше, ніж на інших досліджуваних полігонах. Негативні показники кореня 1 пов'язані з підвищенням в структурі ґрунту агрегатів розміром з 0,5 до 2 мм, що є типовим для полігону 1. До вмісту мікроагрегатів вказаний корінь фактично не чутливий, в той час, як корінь 2 відзначається істотним від'ємним зв'язком з вмістом таких агрегатів. Корінь 2 дозволяє розділити ґрунти за вмістом агрегатів розмірами менше ніж 0,25 мм, і від 0,25 до 0,5 мм від ґрунтів, у структурі яких домінують агрегати розміром від 1 до 5 мм.

Таблиця 5.2 Кореляція агрегатних фракцій та канонічних коренів

Розмір фракції, мм	Корінь 1	Корінь 2
>10	0,27	-0,04
7-10	0,35	-0,09
5-7	0,42	-0,02
3-5	0,72	0,46
2-3	0,03	0,82
1-2	-0,47	0,63
0.5-1	-0,52	0,24
0.25-0.5	-0,18	-0,51
<0.25	0,02	-0,71

Таким чином, корінь 2 відображає переважання на полігоні 2 мікроагрегатів та агрегатів розміром від 0,25 до 0,5 мм, опонуючи його полігонам 3 та 4, у структурі яких переважають над іншими полігонами, агрегати розміром від 1 до 5 мм.

Висновки до розділу 5

Вплив реконструкції помітно спостерігається на агрегатній структурі ґрунту реконструйованих полігонів, спричинивши помітні зростання мікроагрегатів і відповідно зменшення мезоагрегатів, сприятливих для зростання рослинних угруповань.

Структура ґрунту реконструйованих полігонів свідчить на погіршення умов існування для біоти ґрунту, яке відбувається також внаслідок пониження вмісту мезоагрегатів і підвищення частки мікроагрегатів у ґрунтовій структурі. Така тенденція може свідчити про негативні наслідки, тому що простір між мезо- та макроагрегатами може щільно наповнюватись мікроагрегатами, що погіршують водний і повітряний режим ґрунту за рахунок утворення кірки.

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕКОНСТРУКЦІЇЗЕЛЕНОГО НАСАДЖЕННЯ ПАРКОВОЇ ТЕРИТОРІЇЗА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЮ ТА ВОЛОГІСТЮ ҐРУНТУ

Електропровідність ґрунту визначає здатність ґрунтової води проводити електричний струм, що безпосередньо пов'язано з кількістю розчинених солей та іонів (поживних речовин) у ґрунті. Електропровідність використовується як загальний показник якості та родючості ґрунту. Це важливий показник якості ґрунту, оскільки він впливає на його родючість, доступність поживних речовин та активність ґрунтових мікроорганізмів.

На електропровідність ґрунту впливає багато аспектів, таких як природа ґрунтових порід, характеристика ґрунтових вод та зрошення, яке може зменшити кількість солей у ґрунті через вимивання або може накопичувати солі, що надходять з поливом з добривами.

Дослідження з оцінки ступеня гемеробії зеленого насадження загального користування за показником електропровідності ґрунту, на ділянках, які зазнали реконструкції (полігон 1 та 2), а також на контрольних ділянках, які знаходяться у звичних природничих умовах. Поєднання фітоіндикаційних методів з інструментальним методом визначення електропровідності ґрунту дозволило отримати переконливі дані про ступінь перетворення ділянок ботанічного саду під впливом реконструкції.

Розподіл значень електропровідності на досліджуваних полігонах не має чітко встановленого характеру (рис. 6.1.). Так, розподіл значень на 1 та 2 полігонах, які зазнали впливу реконструкції, а також на 3, який не зазнав реконструкції, мають дзвоноподібний вигляд. При цьому значна більшість показників електропровідності на 1 полігоні знаходиться у діапазоні від 0,3 до 0,4 дСм/м (понад 50 вимірювань). Точок, у яких електрична провідність сягає значень 0,5-0,6 дСм/м, на даному полігоні значно менше.

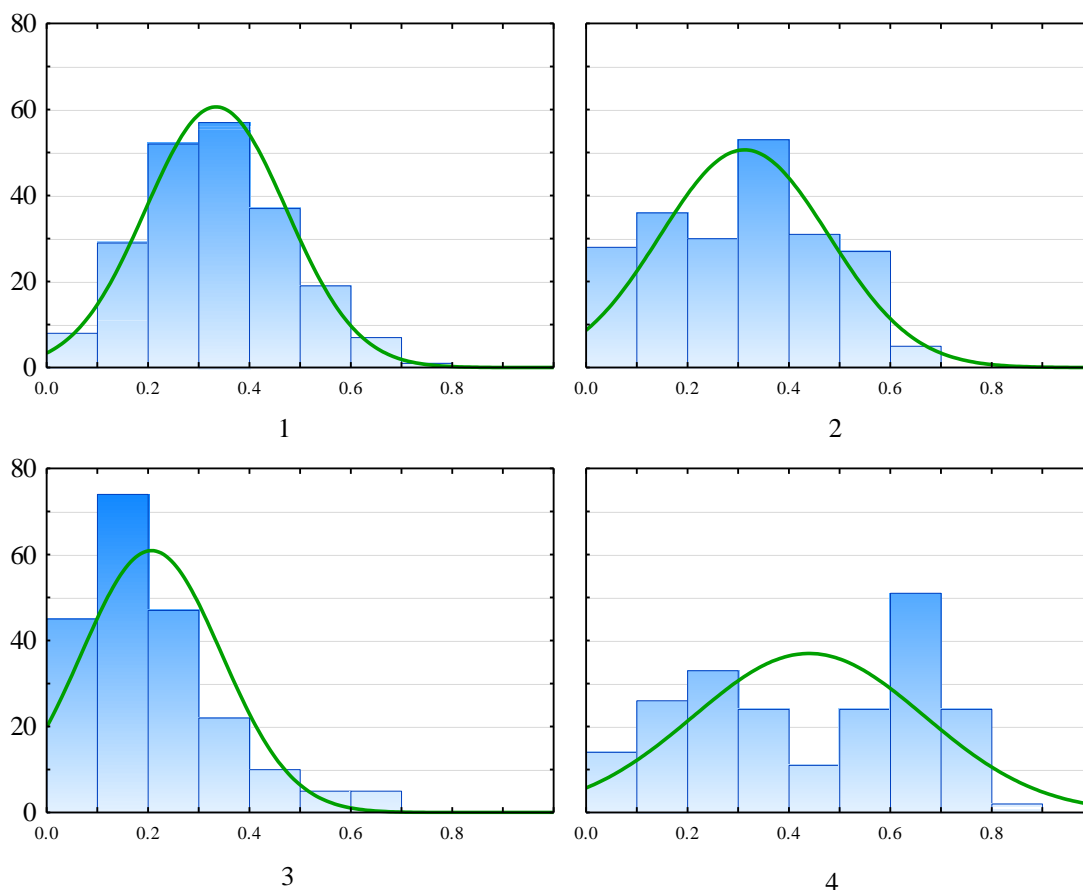


Рисунок 6.1 Гістограми розподілу значень електропровідності в різних полігонах. Ось абсцис – електропровідність, дСм/м; ось ординат – кількість спостережень

На 2 полігоні переважна кількість показників електропровідності знаходиться на рівні 0,4 дСм/м, але кількість показників 0,1-0,3 та 0,5-0,6 дСм/м майже однакова (28-30 вимірювань). Полігон 3 характеризується значним домінуванням точок зі значенням 0,2 дСм/м (понад 70 вимірювань), при цьому точок з електричною провідністю 0,1 та 0,3 дСм/с також чимало (42-47 вимірювань), точки з більшими показниками електропровідності спостерігаються на полігоні набагато рідше. Розподіл значень електричної провідності ґрунту на 4 полігоні значно відрізняється від інших полігонів та має більш пологий характер. Тут переважають точки з показниками електропровідності на рівні 0,7 дСм/м (понад 50 вимірювань). Загалом 4 полігон характеризується вищою електричною провідністю, значення 0,6 та 0,8 дСм/м тут також зустрічаються доволі часто. Але на цьому полігоні є і точки з достатньо невеликою електропровідністю ґрунту (від 0,1 до 0,4 дСм/м).

Таблиця 6.1 Описові статистики електропровідності ґрунту після реконструкції парку (полігони 1 та 2) і без реконструкції (полігони 3 та 4) ($F=64,9$, $p<0,001$)

Полігон	Середня \pm ст.помилка, дСм/м	Мінімум, дСм/м	Максимум, дСм/м	Персентиль, дСм/м	
				2,5%	97,5%
1 (N = 105)	0,33 \pm 0,010	0,04	0,72	0,09	0,62
2(N = 105)	0,31 \pm 0,011	0,03	0,70	0,05	0,60
3(N = 105)	0,21 \pm 0,009	0,00	0,70	0,02	0,59
4(N = 105)	0,44 \pm 0,016	0,00	0,83	0,04	0,80
Усі(N = 420)	0,32 \pm 0,007	0,00	0,83	0,04	0,71

Середні показники електропровідності ґрунту (табл. 6.1) на полігонах 1 та 2 складають 0,33 та 0,31 дСм/м відповідно. Полігон 3 характеризується найнижчим середнім показником – 0,21 дСм/м, а 4 – найвищим і складає 0,44 дСм/м. Максимальне значення електричної провідності 0,83 дСм/м спостерігається на 3 і 4 полігоні. Для 1 та 2 полігонів характерні максимальні значення 0,70-0,72 дСм/м.

На досліджувальних полігонах залежність фітоіндикаційної оцінки рівня гемеробії від електропровідності ґрунту на різних полігонах. Було встановлено, що на першому і другому полігонах, які зазнали значного впливу реконструкції, між показником гемеробії та електропровідністю ґрунту існує статистично вірогідний зв'язок ($p<0,001$). Зі збільшенням гемеробії зростає електропровідність ґрунту, і ця залежність має лінійний характер. А на третьому та четвертому полігонах, на яких реконструкція не проводилась, такої залежності між вище зазначеними показниками не існує ($p=0,09$ та $0,38$ відповідно).

На досліджуваних полігонах також проводилось вимірювання вологості ґрунту та встановлено залежність електропровідності ґрунту від його вологості.

Якщо розглянути залежність електропровідності ґрунту від його вологості, то ми побачимо, що між цими показниками наявний статистично достовірний зв'язок (p від 0,0007 до 0,029). Тобто, на усіх полігонах простежується тренд збільшення електропровідності ґрунту при зростанні його вологості, хоча на різних полігонах ступінь цієї залежності дещо різна (рис. 6.2). Так, саме на полігоні 3 зв'язок між електрорпровідністю та вологістю ґрунту є найбільш істотним.

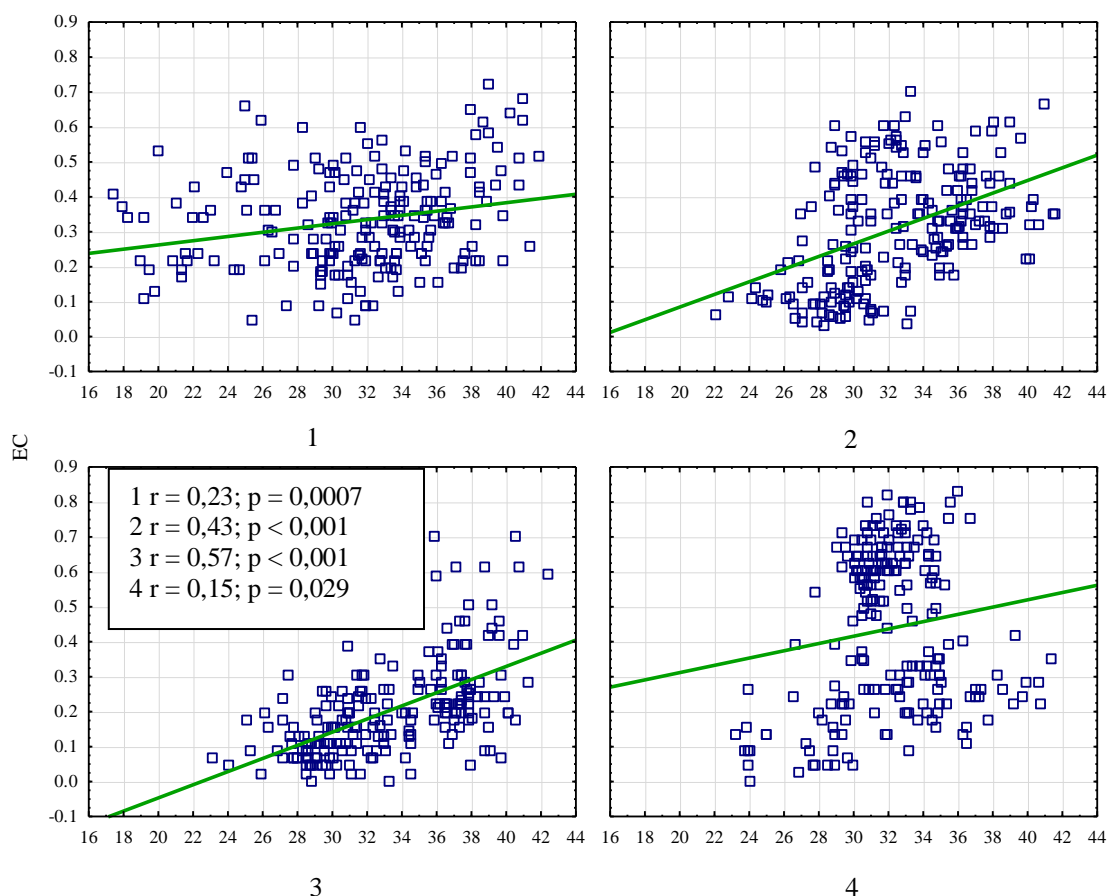


Рисунок 6.2 Залежність електричної провідності ґрунту (ось ординат, дСм/м) від вологості ґрунту (ось абсцис, %) в різних полігонах

Гемеробія визначається як цілісний показник рівня техногенного впливу на екосистему, і, таким чином, включає всі наслідки, що виникають в результаті як навмисного, так і ненавмисного антропогенного тиску. Гемеробність найчастіше використовується для оцінки антропогенної трансформації фітоценозів та екосистем [90, 140] але як поняття вона також застосовується для цілей ландшафтного аналізу, слугуючи індикатором екологічної цінності та ландшафтного різноманіття, а також ступеня антропогенної трансформації [105]. Симптомами процесу синантропізації є гомогенізація рослинності та поява рудеральних угруповань з домінуванням чужорідних інвазійних видів. Змінені річкові долини в містах часто виступають коридорами, якими мігрують інвазійні види [226].

Виходячи з гіпотези про те, що втручання людини в природні екосистеми спричиняє значні порушення і, відповідно, зміни видового складу від стадії

клімаксу до більш ранніх стадій сукцесії, гемеробіотичний статус оцінюється шляхом визначення величини цього відхилення від клімаксу, що характеризується потенційною природною рослинністю [140]. Гемеробіологічний статус також використовується для ландшафтного аналізу, слугуючи індикатором екологічної цінності та ландшафтного різноманіття, а також ступеня антропогенної трансформації [43, 46, 147, 227]. Гемеробія широко використовується для оцінки антропогенної трансформації фітоценозів та екосистем [139].

Гемеробія є інтегрованим індикатором для вимірювання впливу людини на системи навколишнього середовища. Гемеробія має складну природу та різноманітні механізми впливу на екосистеми. Гемеробію часто використовується для оцінки порушень у різних типах рослинності (табл. 6.3).

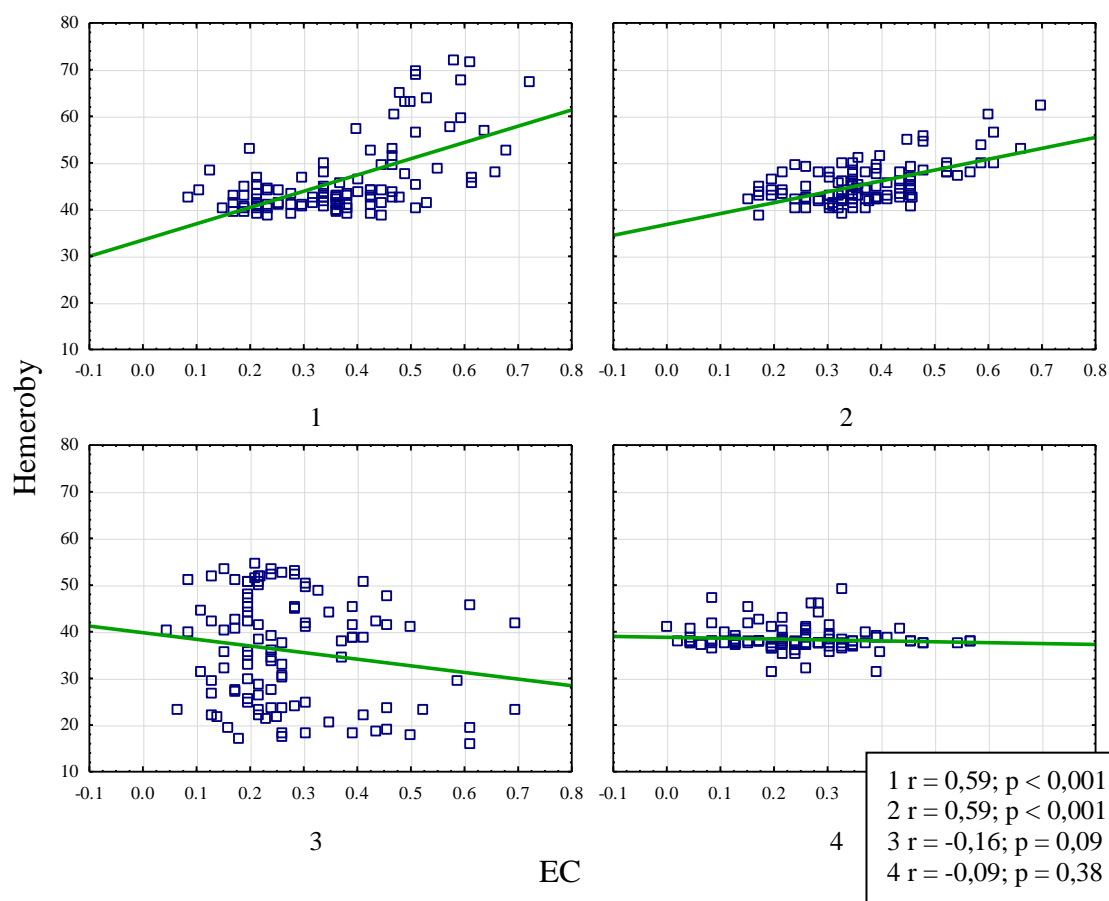


Рисунок 6.3 Залежність фітоіндикаційної оцінки рівня гемеробії (ось ординат, бали) від електропровідностей ґрунту (ось абсцис, дСм/м) в різних полігонах: 1, 2 – полігони з реконструкцією, 3, 4 – полігони без реконструкції.

Отже, тільки на першому і другому полігонах, які були закладені у зоні реконструкції ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, зміни показника електропровідності ґрунту безпосередньо пов'язані з перетворенням рослинного покриву в результаті реконструкційних робіт. На третьому і четвертому полігонах, які реконструкції не підлягали, зміни електропровідності пов'язані з впливом інших факторів і не пов'язані з гемеробією.

Висновки до розділу 6

На усіх полігонах простежується тренд збільшення електропровідності ґрунту при зростанні його вологості. На четвертому полігоні зв'язок між електропровідністю та вологістю ґрунту найбільш істотний.

Зміни показника електропровідності ґрунту на реконструйованих ділянках мають позитивний лінійний зв'язок зі змінами показника гемеробії, який відображає ступінь толерантності рослинного угруповання до антропогенного впливу. Таким чином, можна рекомендувати застосовувати вимірювання показника електричної провідності ґрунту для відображення ступеня гемеробії на територіях, які зазнали помітного антропогенного впливу.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження фізичних властивостей ґрунтів в міських парках надає інформацію для ефективного управління парковим середовищем та забезпечення стійкості екосистем та оптимізації їх екосистемних функцій.

2. Прорідження деревостану та знищення чагарникового підліска значно змінюють мікрокліматичний режим у міському парку та підвищують ризики надмірного випаровування вологи з поверхні ґрунту. Ці зміни можуть мати негативні наслідки для екологічних послуг, які надає ґрунт.

3. Реконструкційна діяльність змінює характер профільного розподілу значень твердості ґрунту та підвищує твердість верхніх ґрунтових шарів, що негативно позначається на властивостях ґрунту як середовища існування рослин та тварин.

4. Зміни агрегатної структури ґрунту, які відбуваються внаслідок реконструкції парку, свідчать про погіршення умов існування ґрунтової біоти. Маркерами негативних змін є зменшення вмісту мезоагрегатів та збільшення частки мікроагрегатів у структурі ґрунту.

5. Встановлена залежність електропровідності ґрунту та його вологості. Електропровідність ґрунту на реконструйованих територіях має позитивний лінійний зв'язок зі змінами показника гемеробії, який відображає ступінь трансформації рослинного угруповання внаслідок антропогенного впливу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баштаннік М. П., Жемера Н. С., Кіптенко Є. М., Козленко Т. В. Стан забруднення атмосферного повітря над територією України. Наукові праці УкрНДГМІ. 2014. Вип. 266. С. 70–93.
2. Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Аналіз видового складу та стану деревної рослинності парку ім. Б. Хмельницького у м. Дніпропетровську Аналіз видового складу та стану деревної рослинності парку ім. Б. Хмельницького у м. Дніпропетровську. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво» / редкол.: Д. О. Мельничук (відп. ред.) та ін. К., 2013. Вип. 187, ч. 1. С. 11–15.
3. Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Видовий склад та оцінка стану деревних насаджень парку ім. Л. В. Пісаржевського м. Дніпропетровськ. Матеріали міжнародної наукової конференції: Роль ботанічних садів і дендропарків у збереженні та збагаченні біологічного різноманіття урбанізованих територій. Київ: НЦЕБМ НАН України, ПАТ «Віпол», 2013. С. 52–53.
4. Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Шкала стійкості декоративних деревних рослин до інгредієнтів викидів підприємств чорної металургії. Рослини та урбанізація: Матеріали третьої міжнародної науково-практичної 101 конференції «Рослини та урбанізація» (Дніпропетровськ, 19–20 березня 2013 р.). Дніпропетровськ: ТОВ ТВГ «Куніца», 2013. С. 84–87.
5. Бессонова В. П., Пономарьова О. А., Іванченко О. Є. Дендрофлора парку ім. Ю. Гагаріна у Дніпропетровську. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: збірник науково-технічних праць. Львів: РВВ НЛТУ України, 2014. Вип. 24.1. С. 63–69.
6. Булахов В. Л. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Птахи: Горобцеподібні (Aves: Passeriformes) : моногр./ В. Л. Булахов, А. А. Губкін, О. Л. Пономаренко, О. Є. Пахомов; за заг. ред. проф. О. Є. Пахомова. – Д. : Вид-во ДНУ, 2015. – 522 с.

7. Булахов В. Л., Гассо В. Я., Пахомов О. Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Земноводні та плазуни (Amphibia et Reptilia) / За заг. ред. проф. О. Є. Пахомова. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. – 420 с.

8. Булахов В. Л., Пахомов О. Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Ссавці (Mammalia). – Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2006. – 356 с.

9. Гассо В. Я. Єрмоленко С. В. Різноманіття земноводних р. Дніпро в межах міської агломерації м. Дніпро. . Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. Том 50, 2021. – С. 70-80.

10. Голобородько К. К., Плющ І. Г., Пахомов О. Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Вищі різновусі лускокрилі. Частина 1. (Lepidoptera: Lasiocampoidea, Bombycoidea, Noctuoidea – частина) / за заг. ред. проф. О. Є. Пахомова – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2010. – 296 с.

11. Горб А. С. Дослідження особливостей географічного розподілу рекреаційних гідро- графічних ресурсів Дніпропетровської області / К. Ф. Мороз А. С. Горб, К. Ф. Мороз // Вісник Дніпропетровського університету. Серія : Геологія. Географія. - 2009. - Т. 17, вип. 11. - С. 86-90. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdugg_2009_17_11_17.

12. Горб А. С., Дук Н. М. Клімат Дніпропетровської області: монографія. Д.: Вид-во ДНУ, 2006. 204 с. - ISBN 966-551-197-1

13. Горб А. С., Мороз К. Ф. Оцінка й дослідження рекреаційних кліматичних і гідрографічних ресурсів Дніпропетровської області. Вісник Дніпропетровського університету. 2009. Т. 17. Вип. 11. С. 86–90.

14. Горб А.С. Гідрометеорологічні аспекти техногенного впливу на довкілля Дніпропетровської області: [монографія] / А. С. Горб, Д. О. Довганенко, Л. В. Доценко [та ін.]. - Дн-ськ : Акцент ПП, 2014. - 230 с. : іл. - Бібліогр. наприкінці розд. - ISBN 978-617-7109-13-5

15. Грицан Ю. І. Екологічні основи перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище. The ecological bases of transforming influence of forest vegetation on the steppe environment : монографія / Ю. І. Грицан. - Дн-ск : Ви-во Дніпропетровського ун-ту, 2000. - 300 с. - ISBN 966-551-045-2

16. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні: Довідник. Ч. I. / М.А. Кохно, Л.І. Пархоменко, А.У. Зарубенко та ін.; За ред. М.А. Кохна. К.: Фітосоціоцентр, 2002. 448 с.

17. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні: Довідник. Ч. II. / М. А. Кохно, Н. М. Трофименко, Л. І. Пархоменко та ін.; За ред. М. А. Кохна, Н. М. Трофименко. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 716 с.

18. Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева й кущі. Голонасінні: Довідник / М. А. Кохно, В. І. Гордієнко, Г. С. Захаренко та ін.; За ред. М. А. Кохна, С. І. Кузнецова. К.: Вища школа, 2001. 207 с.

19. Дідур О. О., Кульбачко Ю. Л., Кришень М. І. Зоогенні тенденції буферної здатності ґрунту як складова екологічної реабілітації урбоґрунту в межах паркової зони мегаполіса. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Том 45, 2017. – С. 106-114.

20. Дудин Р.Б. Консерваторська діяльність в історичних парках / Р.Б. Дудин // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Сер.: Ландшафтна архітектура в контексті сталого розвитку. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.12. – С. 180-183.

21. Дудин Р.Б., Денисова Г.В. Проблеми реконструкції та відновлення насаджень Оброшинського дендропарку. Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.4. С. 46-50.

22. Ємець М. А., Сердюк Я. Я. Оцінка стану території міста Дніпропетровська за ступенем забруднення атмосферного повітря. Екологія та природокористування. 2003. № 6. С. 200–207.

23. Зайцева І. О. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції деревних рослин у Степовому Придніпров'ї: монографія / І. О. Зайцева, Л. Г. Долгова ; Дніпропетр. нац. ун-т ім. Олеся Гончара. - Дн-ськ : ДНУ, 2010. - 388 с. : рис., табл. - ISBN 978-966-551-318-6. УДК 581.17(477)(02.064)

24. Зайцева І. О., Опанасенко В. Ф. Путівник по ботанічному саду ДНУ. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2008. 112 с.

25. Зубричев, О. С. Оптимізація структурно-функціонального планування рекреаційно-розважальних парків. Проблеми розвитку міського середовища, (1), 2018. – С. 45-57.
26. Кабар А. М., Лихолат Ю. В., Лучка Я. О., Давидов В. Р., Бородай Є. С., Тропанець В. Ю. Активність каталази як показник інтродукції гібридогенних форм кісточкових в умовах степового Придніпров'я. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Том 45, 2017. – С. 92-97.
27. Кавун М. Е. Історія виникнення Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара / М. Е. Кавун, В. С. Савчук, В. Ф. Опанасенко, О. Є. Пахомов // Інтродукція рослин. - 2009. - № 2. - С. 114-121. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2009_2_19
28. Левон Ф. М. Зелені насадження в антропогенно трансформованому середовищі / монографія / Ф. М. Левон ; відп. ред. П. А. Мороз ; НАН України, Нац. ботан. сад ім. М. М. Гришка. - К. : ННЦ ІАЕ, 2008. - 364 с.: рис., табл. - Бібліогр.: с. 272-324. - ISBN 978-966-669-248-4
29. Лихолат Ю.В., Домницька І.Л., Лихолат О.А., Ляшенко О.В. Біологічні особливості деяких таксонів, інтродукованих в умовах ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара // Вісник науки. № 7-2022. С. 39–46. 2022 р. // Електронний ресурс: <https://academconf.com/article/301> (дата звернення: 06.11.2022 р.).
30. Мартин А.Г. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія / Мартин А.Г., Осипчук С.О., Чумаченко О.М. – К. : ЦП "Компринт". – 2015. 328 с.
31. Опанасенко В.Ф., Зайцева І.О., Кабар А.М. Колекція рослин ботанічного саду Дніпропетровського національного університету. Д.: РВВ ДНУ, 2008. С. 83–94.
32. Опанасенко В.Ф., Кабар А.М., Домницька І.Л. Каталог рослин ботанічного саду Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара. Д.: Ліра. 2015. 228 с.
33. Пахомов О. Є., Гассо В. Я., Голобородько К. К. Історія дослідження різноманіття тваринного світу Дніпропетровської області. Біорізноманіття та роль

тварин в екосистемах: Матеріали VI Міжнародної наукової конференції. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2011. – С. 31-33.

34. Зверковський В. М. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель : наук. журнал / редкол. В. М. Зверковський (гол. ред.) та ін. – Д. : ЛПРА, 2017. – Том 46. – 138 с.

35. Рей Д. Г. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель: зб. наук. праць. Т. 48 / Дніпров. нац. ун-т ім. Олеся Гончара ; гол. ред. Д. Г. Рей. - Дніпро : Ліра, 2019. - 96 с.

36. Пономарьова О. А., Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Дендрофлора парку ім. Ю. Гагаріна у Дніпропетровську. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.1 С. 63–69.

37. Рощина Н.О. Антропогенно-кліматична трансформація флори та рослинності озер Північно-Степового Придніпров'я: автореферат дисертації / Н. О. Рощина ; Дніпров. нац. ун-т ім. Олеся Гончара. - Дніпро : [б. и.], 2019. - 25 с. УДК 581.9(477)(043.3) 502.171(477)(043.3)

38. Сердюк С., Довганенко Д., Охотник К., Манюк В., Лунова О. Геоекологічний аналіз стану лісопаркових насаджень м. Дніпро за супутниковими знімками Landsat. Журнал геології, географії та геоекології , 32 (4), (2024). С. 849-858. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112375>

39. Сизенко О. В. Картографування ландшафтного різноманіття Дніпропетровської області / О. В. Сизенко // Вісник геодезії та картографії. - 2014. - № 1. - С. 23-26. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2014_1_7

40. Сисак В. О., Бармашина Л. М. Проблеми розвитку паркової системи в Україні. Архітектурний вісник КНУБА. 2013. Вип. 1. С. 200–212.

41. Тарасов В.В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів: Моногр. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с

42. Трошкіна О.А, Калашнікова В.В Класифікація тематичних парків. – Проблеми розвитку міського середовища: Науктехн. збірник / - К. : НАУ, 2013- Вип. 9. – С.196 -202.

43. Христова Т. Є. Становлення та розвиток фітофізіології в Україні [Текст] : монографія / Христова Тетяна Євгенівна, Мусієнко Микола Миколайович ; Держ. вищ. навч. закл. "Запорізь. нац. ун-т", Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. - Мелітополь : Вид. будинок ММД, 2012. - 466 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 422-466. - 300 прим. - ISBN 978-966-197-128-7
44. Шевченко, А., Устінова, І. Проблеми та методи реновації багатофункціональних парків. Містобудування: проблеми і перспективи розвитку: матеріали п'ятої науково-практичної конференції, присвяченої 40-річчя кафедри містобудування (с. 49-50). 25 квітня, 2023, Київ, Україна: КНУБА.
45. Adhikari, K.; Hartemink, A.E. Linking soils to ecosystem services—A global review. *Geoderma* 2016, 262, P. 101–111. [Google Scholar] [CrossRef]
46. Agnė Jasinavičiūtė and Darijus Veteikis Assessing Landscape Instability through Land-Cover Change Based on the Hemeroby Index (Lithuanian Example). Faculty of Chemistry and Geosciences, Institute of Geosciences, Vilnius University, 03101 Vilnius, Lithuania *Land* 2022, 11(7), 1056; <https://doi.org/10.3390/land11071056>
47. Andrews, S.S.; Karlen, D.L.; Cambardella, C.A. The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2004, 68, P. 1945–1962. [Google Scholar] [CrossRef]
48. Anne, B.; Geoffroy, S.; Cherel, J.; Warot, G.; Marie, S.; Noël, C.J.; Louis, M.J.; Christophe, S. Towards an operational methodology to optimize ecosystem services provided by urban soils. *Landsc. Urban Plan.* 2018, 176, P. 1–9. [Google Scholar] [CrossRef]
49. Bai, Z.; Yun, W. A case study on pingsshuo mining area: Land rehabilitation and reutilization in mining districts. *Resour. Ind.* 2008, 10, P. 32–37.
50. Battisti C, Fanelli G, Mariani L, Capizzi D. Assessing disturbance-sensitivity and generalism in mammals: Corroborating a hump-shaped relationship using a hemerobiotic approach. *Ecol Indic* 2017; 76: P. 178–83. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.014>.
51. Bessonova V., Ivanchenko O. Otsinka vydovoho riznomanittia ta zhyttievoho stanu prydorozhnykh nasadzhen pr. S. Nihoiana m. Dnipro [Assessment of species variety and vital status of roadside plantings of s. nigoyan ave. in the Dnipro city]

Pytannya bioindykatsiyi ta ekolohiyi [Issues of bioindication and ecology]. 24(1), 2019. P. 36-56. <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-03> (In Ukrainian)

52. Bian, Z. Research on land reclamation in coal mine area at China and abroad. *China Land Sci.* 2000, 14, P. 6–11. [CrossRef]

53. Biasioli, M.; Ajmone-Marsan, F. Organic and inorganic diffuse contamination in urban soils: The case of Torino (Italy). *J. Environ. Monit.* 2007, 9, P. 862–868. [Google Scholar] [CrossRef]

54. Blume, H.-P. Classification of soils in urban agglomerations. *CATENA* 1989, 16, 269–275. [Google Scholar] [CrossRef]

55. Bolund, P.; Hunhammar, S. Ecosystem services in urban areas. *Ecol. Econ.* 1999, 29, P. 293–301. [Google Scholar] [CrossRef]

56. Bradshaw, A. Restoration of mined lands—Using natural processes. *Ecol. Eng.* 1997, 8, 255–269. [CrossRef]

57. Bronick, C. J., & Lal, R. Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124(1–2), 2005. P. 3–22.

58. Brown, S.L.; Chaney, R.L.; Hettiarachchi, G.M. Lead in Urban Soils: A Real or Perceived Concern for Urban Agriculture? *J. Environ. Qual.* 2016, 45, P. 26–36. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] [Green Version]

59. Bullock, P.; Gregory, P. *Soils in the Urban Environment*; Blackwell Scientific Publications: Oxford, UK, 1991. [Google Scholar]

60. Burghardt, W. Soils in urban and industrial environments. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 1994, 157, P. 205–214. [Google Scholar] [CrossRef]

61. Burghardt, W. Urban soil ecology—Involvement of diverse land use types. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Managing Urban Land*, Stuttgart, Germany, 25–27 April 2007; P. 345–357. Available online: <http://doc.utwente.nl/80941/1/2007-Early-assessment-Jessica.pdf#page=352> (accessed on 5 May 2022).

62. Burghardt, W.; Banko, G.; Hoeke, S.; Hursthouse, A.; de L’Escaille, T.; Ledin, S.; Ajmone Marsan, F.; Sauer, D.; Stahr, K.; Amann, E.; et al. Sealing soils, soils in urban areas, land use and land use planning. In *Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection, Volume VI—*

Research, Sealing and Cross-Cutting Issues; EUR 21319 EN/6; Van-Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile, A.R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S.K., Eds.; Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg, 2004; p. 872. [Google Scholar]

63. Burghardt, W.; Morel, J.L.; Zhang, G.-L. Development of the soil research about urban, industrial, traffic, mining and military areas (SUITMA). *Soil Sci. Plant Nutr.* 2015, 61, P. 3–21. [Google Scholar] [CrossRef]

64. Burt, R.; Hernandez, L.; Shaw, R.; Tunstead, R.; Ferguson, R.; Peaslee, S. Trace element concentration and speciation in selected urban soils in New York City. *Environ. Monit. Assess.* 2013, 186, P. 195–215. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]

65. Calenge C. The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals // *Ecological Modelling.* – 2006. – Vol. 197. – P. 516–519.

66. Cao, Y.; Bai, Z.; Zhang, G.; Zhou, W.; Wang, J.; Yu, Q.; Du, Z. Soil Quality of Surface Reclaimed Farmland in Large Open-cast Mining Area of Shanxi Province. *J. Agro-Environ. Sci.* 2013, 23, P. 2422–2428.

67. Cao, Y.; Wang, J.; Bai, Z.; Zhou, W.; Zhao, Z.; Ding, X.; Li, Y. Differentiation and mechanisms on physical properties of reconstructed soils on open-cast mine dump of loess area. *Environ. Earth Sci.* 2015, 74, P. 6367–6380. [CrossRef]

68. Capra, G.F.; Ganga, A.; Grilli, E.; Vacca, S.; Buondonno, A. A review on anthropogenic soils from a worldwide perspective. *J. Soils Sediments* 2015, 15, P. 1602–1618. [Google Scholar] [CrossRef]

69. Chang, Q.; An, S.; Liu, J.; Wang, B.; Wei, Y. Study on Benefits of Recovering Vegetation to Prevent Land Deterioration on Loess Plateau. *J. Soil Water Conserv.* 1999, 5, P. 6–9.

70. Charzyński, P.; Bednarek, R.; Greinert, A.; Hulisz, P.; Uzarowicz, Ł. Classification of technogenic soils according to WRB system in the light of Polish experiences. *Soil Sci. Annu.* 2013, 64, 145–150. [Google Scholar] [CrossRef]

71. Charzyński, P.; Hulisz, P.; Bednarek, R.; Piernik, A.; Winkler, M.; Chmurzyński, M. Edifisols—A new soil unit of technogenic soils. *J. Soils Sediments* 2014, 15, P. 1675–1686. [Google Scholar] [CrossRef]

72. Chen, J.; Yang, N. Soil Quality Assessment Along Re-vegetation on Sloping-Land with Purple Soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China. *Acta Agrestia Sin.* 2018, 26, 160–167.
73. Chen, X.; Hu, Z.; Zhang, X. Reclamation Soil Compaction Spatial Variation Law about Different Reclamation Technologies in Subsidence Area. *J. Irrig. Drain.* 2005, 24, 74–77.
74. Chen, X.; Liu, H.; Jiang, S.; Wang, G. Effects of Reclamation Mode on Soil Aggregate Composition and Organic Carbon and Nitrogen Distribution in Mining Area. *J. Shanxi Agric. Sci.* 2020, 48, P. 768–773. [CrossRef]
75. Cheng, Z.; Hettiarachchi, G.M.; Kim, K. Urban soils research: SUITMA 10. *J. Environ. Qual.* 2020, 50, P. 2–6. [Google Scholar] [CrossRef]
76. Chengxin, Z.; Qihou, H.; Wenjing, S.; Chengzhi, X.; Cheng, L. Satellite spectroscopy reveals the atmospheric consequences of the 2022 Russia-Ukraine war. *Sci. Total Environ.* 2023, 869, 161759. [Google Scholar] [CrossRef]
77. Colding, J.; Barthel, S. The potential of ‘Urban Green Commons’ in the resilience building of cities. *Ecol. Econ.* 2013, 86, P. 156–166. [Google Scholar] [CrossRef]
78. Corrine Duncan, Megan K. Good, Ian Sluiter, Simon Cook, Nick L. Schultz Soil reconstruction after mining fails to restore soil function in an Australian arid woodland. *Restoration Ecology*. 19 March 2020, 9 <https://doi.org/10.1111/rec.13166>
79. Costanza, R.; Arge, A.; Groot, R.; Farberk, S.; Grasso, M.; Bruce, H.; Limburg, K.; O’Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; et al. The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Ecol. Econ.* 1997, 25, P. 3–15. [Google Scholar] [CrossRef]
80. Costanza, R.; d’Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Naeem, S.; Limburg, K.; Paruelo, J.; O’Neill, R.V.; et al. The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature* 1997, 387, P. 253–260. [Google Scholar] [CrossRef]
81. Craul, J.P. A description of urban soils and their desired characteristics. *J. Arboric* 1995, 11, P. 330–339. [Google Scholar] [CrossRef]

82. Craul, J.P. *Urban Soils. Application and Practices*; John Wiley and Sons: New York, NY, USA, 1992; p. 396. [Google Scholar]
83. De Miguel, E.; de Grado, M.J.; Llamas, J.; Martín-Dorado, A.; Mazadiego, L. The overlooked contribution of compost application to the trace element load in the urban soil of Madrid (Spain). *Sci. Total Environ.* 1998, 215, 113–122. [Google Scholar] [CrossRef]
84. Doichinova, V., Zhiyanski, M., & Hursthouse, A. Impact Of Urbanization Soil Characteristics. *Environmental Chemistry Letters*, 3(4), 2006. P. 160–163.
85. Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*; SSSA Spec. Publ. No. 35.; Soil Science Society of America, Inc.: Madison, WI, USA, 1994. [Google Scholar]
86. Drisya J., Kumar S., Roshni T. Spatiotemporal Variability of Soil Moisture and Drought Estimation Using a Distributed Hydrological Model Integrating Disaster Science and Management 2018, P. 451-460.
87. Edmondson, J., Stott, I., Davies, Z. et al. Soil surface temperatures reveal moderation of the urban heat island effect by trees and shrubs. *Sci Rep* 6, 33708 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep33708>
88. Effland, W.R.; Pouyat, R.V. The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas. *Urban Ecosyst.* 1997, 1, 217–228. [Google Scholar] [CrossRef]
89. Fan, W.; Li, H.; Bai, Z. The Research of the Soil Fertility Changes in Loess Area Large Opencast Coal Mine's Different Reclamation Models and Reclamation Years—Taking Pingshuo ATB Opencast Coal Mine as Example. *J. Shanxi Agric. Univ. (Nat. Sci. Ed.)* 2006, 26, 313–316. [CrossRef]
90. Fanelli G, Tescarollo P, Testi A. Ecological indicators applied to urban and suburban florae. *Ecol Indic* 2006; 6: P. 444–457. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.06.002>.
91. Feng, Y.; Wang, J.; Bai, Z.; Reading, L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review. *Earth-Sci. Rev.* 2019, 191, P. 12–25. [CrossRef]

92. Ferreira, A.J.; Pardal, J.; Malta, M.; Ferreira, C.S.; Soares, D.D.; Vilhena, J. Improving Urban Ecosystems Resilience at a City Level the Coimbra Case Study. *Energy Procedia* 2013, 40, P. 6–14. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
93. Galen Cranz Defining the Sustainable Park: A Fifth Model for Urban Parks January *Landscape Journal* 23(2): 2004. P. 102-120 DOI:10.3368/lj.23.2.102
94. Gasch, C.; Huzurbazar, S.; Stahl, P. Measuring soil disturbance effects and assessing soil restoration success by examining distributions of soil properties. *Appl. Soil Ecol.* 2014, 76, P. 102–111. [CrossRef]
95. Gąsiorek, M.; Kowalska, J.; Mazurek, R.; Pająk, M. Comprehensive assessment of heavy metal pollution in topsoil of historical urban park on an example of the Planty Park in Krakow (Poland). *Chemosphere* 2017, 179, P. 148–158. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
96. Gee, G.W.; Bauder, J.W. Particle-size analysis. In *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed.; Agronomy Monograph, 9; Klute, A., Ed.; ASA-SSSA: Madison, WI, USA, 1986; P. 383–411. [Google Scholar]
97. GÓMEZ-BAGGETHUN E.; RUIZ-PÉREZ, M. Economic valuation and the commodification of ecosystem services. *Progress in Physical Geography.* 2011, 35(5): P. 613-62.
98. Greinert, A. The heterogeneity of urban soils in the light of their properties. *J. Soils Sediments* 2015, 15, P. 1725–1737. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
99. Gu, Y. Spatial variability and response relationship of vegetation restoration and soil water fertilizer in an opencast coal–mine dump in a loess area. Master's Thesis, China University of Geosciences (Beijing), Beijing, China, 2017.
100. Guiland, C.; Maron, P.A.; Damas, O.; Ranjard, L. Biodiversity of urban soils for sustainable cities. *Environ. Chem. Lett.* 2018, 16, P. 1267–1282. [Google Scholar] [CrossRef]
101. Guo, L.; Wang, J.; Bai, Z.; Yang, R.; Cao, Y. Analysis of spatial variability of soil granules in early stage of reclamation at opencast coal mine dump in loess area. *China Min. Mag.* 2015, 52–59. [CrossRef]

102. H. Setälä, G. Francini, J.A. Allen, A. Jumpponen, N. Hui, D.J. Kotze Urban parks provide ecosystem services by retaining metals and nutrients in soils. *Environmental Pollution*. Volume 231, Part 1, December 2017, Pages 451-461
103. Hemkemeyer, M., Christensen, B. T., Martens, R., and Tebbe, C. C. Soilparticle size fractions harbour distinct microbial communities and differ in potential for microbial mineralisation of organic pollutants. *Soil Biol. Biochem.* 90, 2015. P. 255–265. doi: 10.1016/j.soilbio.2015.08.018
104. Hemkemeyer, M., Pronk, G. J., Heister, K., Kögel-Knabner, I., Martens, R., and Tebbe, C. C. Artificial soil studies reveal domain-specific preferences of microorganisms for the colonisation of different soil minerals and particle size fractions. *Fems Microbiol. Ecol.* 90, 2014. P. 770–782. doi: 10.1111/1574-6941.12436
105. Herrmann, D. L., Schifman, L. A., & Shuster, W. D. Widespread loss of intermediate soil horizons in urban landscapes. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 115(26), 2018. P. 6751-6755. 528 <https://doi.org/10.1073/pnas.1800305115>
106. Herrmann, D. L., Shuster, W. D., and Garmestani, A. S. Vacant urban lot soils and their 530 potential to support ecosystem services. *Plant Soil*, 413, (1-2), 2017. P. 45-57. DOI: 10.1007/s11104-016-2874-5.
107. Hewitt, A.; Dominati, E.; Webb, T.; Cuthill, T. Soil natural capital quantification by the stock adequacy method. *Geoderma* 2015, 241-242, P. 107–114. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
108. Hou, J.; Ye, G.; Zhang, L. The Research Progress of Rhizosphere Soil of Forest Trees. *Prot. For. Sci. Technol.* 2006, 1, P. 30–33. [CrossRef]
109. Hu, F.; Du, H.; Zeng, F.; Song, T.; Peng, W.; Zhang, F. Dynamics of soil nutrient content and microbial diversity following vegetation restoration in a typical karst peak-cluster depression landscape. *Acta Ecol. Sin.* 2018, 38, P. 2170–2179.
110. Huang, S., Tang, L., Hupy, J.P. et al. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *J. For. Res.* 32, 2021 P. 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>

111. Huang, Y.; Kuang, X.; Cao, Y.; Bai, Z. The soil chemical properties of reclaimed land in an arid grassland dump in an opencast mining area in China. *RSC Adv.* 2018, 8, 41499–41508. [CrossRef]
112. Hulisz, P.; Charzyński, P.; Greinert, A. Urban soil resources of medium-sized cities in Poland: A comparative case study of Toruń and Zielona Góra. *J. Soils Sediments* 2016, 18, 358–372. [Google Scholar] [CrossRef]
113. Izquierdo, M.; De Miguel, E.; Ortega, M.F.; Mingot, J. Bioaccessibility of metals and human health risk assessment in community urban gardens. *Chemosphere* 2015, 135, 312–318. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] [Green Version]
114. Jobbágy, E.G.; Jackson, R.B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol. Appl.* 2000, 10, 423–436. [CrossRef]
115. Karin T. Burghardt, Douglas W. Tallamy,* and W. Gregory Shriver Impact of Native Plants on Bird and Butterfly Biodiversity in Suburban Landscapes. Article in *Conservation Biology* · October 2008. P. 219-224. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.01076.x
116. Karmyzova L., Baranovsky B. Flora of the Dnipro city. Monograph. Rīga, Izdevniecība “Baltija Publishing”, 2020. 120 c.
117. Kharytonov M., Benselhoub A., Shupranova L., Kryvakovska R., Khlopova V. Environmental assessment of atmospheric pollution in Dnipropetrovsk oblast (Ukraine). *Studia Universitatis “Vasile Goldiș”, Seria Științele Vieții* Vol. 25 issue 2, 2015, pp. 125-130
118. Khazan, P., Angurets, O. Environmental monitoring system in Dnipropetrovsk region: practical implementation experience. *Збірник наукових праць ΛΟΓΟΣ*, 2021. P 184-190 <https://doi.org/10.36074/logos-28.05.2021.v1.56>
119. Koshelev, O. I. and Koshelev, V. O. and Gensytskyi, M. V. and Yorkina, N. V. and Kunah, O. M. Anthropogenic load is a leading factor in the morphological variability of *Chondrula tridens* (Gastropoda, Enidae) in the northwestern Azov Sea region. *Biosystems Diversity* (29(2)), 2021. P. 102-110. ISSN 2519-8513

120. Kroetsch, D. and Wang, C. Particle Size Distribution. In: Angers, D.A. and Larney, F.J., Eds., *Soil Sampling and Methods of Analysis*, CRC Press, Boca Raton, 2008. – P. 713-725.
121. Kumar, S.; Singh, A.K.; Ghosh, P. Distribution of soil organic carbon and glomalin related soil protein in reclaimed coal mineland chrono sequence under tropical condition. *Sci. Total Environ.* 2018, 625, P. 1341–1350. [CrossRef]
122. Kunah, O. M. and Zelenko, Y. V. and Fedushko, M. P. and Babchenko, A. V. and Sirovatko, V. O. and Zhukov, O. V. The temporal dynamics of readily available soil moisture for plants in the technosols of the Nikopol Manganese Ore Basin. *Biosystems Diversity* (27 (2)), 2019. P. 156-162. ISSN ISSN 2519-8513 (Print) ISSN 2520-2529 (Online)
123. Kunakh O.M., Fedyay I.O. Are Heteroptera communities able to be bioindicators of urban environments? *Biosystems Diversity*, 28(2), 2020. P. 195–202. <https://doi.org/10.15421/012025>
124. Lehmann, A.; Stahr, K. Nature and significance of anthropogenic urban soils. *J. Soils Sediments* 2007, 7, P. 247–260. [Google Scholar] [CrossRef]
125. Li, G., Wan, L., Cui, M., Wu, B., & Zhou, J Influence of canopy interception and rainfall kinetic energy on soil erosion under forests. *Forests*, 10(6), 2019. p. 509.
126. Li, T.C.; Shao, M.A.; Jia, Y.H. Application of X-ray tomography to quantify macropore characteristics of loess soil under two perennial plants. *Eur. J. Soil Sci.* 2016, 67, P. 266–275. [CrossRef]
127. Li, W., Ouyang, Z., Meng, X., & Wang, X. Plant species composition in relation to green cover configuration and function of urban parks in Beijing, China. *Ecological Research*, 21(2), 2006. P. 221–237.
128. Li, X.; Tian, J.; Zhang, C. A study on effects of different types of forest on the loess plateau on physical properties of soil. *Sci. Silvae Sin.* 1992, 28, P. 98–106.
129. Li, Y. Reconstruction of plant space in the urban park guided by visual experience of tourists – A case study of the Ait park afforestation design in Fuzhou. In: Shoji, H., Koyama, S., Kato, T., Muramatsu, K., Yamanaka, T., Lévy, P., Chen, K., &

Lokman, A. (Eds.). Proceedings of the 8th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research. Springer, Singapore, 2020. Pp. 349–358.

130. Li, Y.; Cao, Y.; Wang, S.; Luo, G.; Wang, J.; Zhou, W.; Bai, Z. Changes of Typical Physical Properties of Reclaimed Mine Soil in the Dump Site of Loess Open Mining Area. *Ecol. Environ. Sci.* 2020, 29, P. 615–623.

131. Li, Y.; Zhou, W.; Jing, M.; Wang, S.; Huang, Y.; Geng, B.; Cao, Y. Changes in Reconstructed Soil Physicochemical Properties in an Opencast Mine Dump in the Loess Plateau Area of China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 706. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020>

132. Liu, M.; Han, G.; Li, X. Comparative analysis of soil nutrients under different land-use types in the Mun River basin of Northeast Thailand. *J. Soils Sediments* 2021, 21, P. 1136–1150. [CrossRef]

133. Liu, Q. The Coupling Relationship of Vegetation Patterns and Soil Properties in Typical Reach of The Middle and Lower Reaches *Sci. Rep.* 2021, 11, 23152. [CrossRef] [PubMed]

134. Liu, W.; Wag, J.; Bai, Z.; Zhang, G. Soil Organic Carbon Dynamics of Reclaimed Soils at an Opencast Coal Mine. *Met. Mine* 2014, 453, P. 141–146.

135. Liu, X.; Bai, Z.; Zhou, W.; Cao, Y.; Zhang, G. Changes in soil properties in the soil profile after mining and reclamation in an opencast coal mine on the Loess Plateau, China. *Ecol. Eng.* 2017, 98, P. 228–239. [CrossRef]

136. Luo, G.; Cao, Y.; Bai, Z.; Huang, Y.; Wang, S. Soil bulk density difference, ground penetrating radar feature identification, and simulation for a reclaimed soil profile in the dumping site of an open pit mine. *J. Agric. Resour. Environ.* 2019, 36, P. 441–452. [CrossRef]

137. Madrid, L.; Barrientos, E.D.; Reinoso, R.; Madrid, F. Metals in urban soils of Sevilla: Seasonal changes and relations with other soil components and plant contents. *Eur. J. Soil Sci.* 2004, 55, P. 209–217. [Google Scholar] [CrossRef]

138. Mark L. Brusseau, Ian L. Pepper and Charles P. Gerba *Environmental and Pollution – Science: Book, Third Edition*, 2019 – 662 p.

139. Marsan, F.A.; Biasioli, M. Trace Elements in Soils of Urban Areas. *Water Air Soil Pollut.* 2010, 213, P. 121–143. [Google Scholar] [CrossRef]

140. Meerow, S.; Newell, J.P. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. *Landsc. Urban Plan.* 2017, 159, P. 62–75. [Google Scholar] [CrossRef]
141. Mielke, H.W.; Anderson, J.C.; Berry, K.J.; Mielke, P.W.; Chaney, R.L.; Leech, M. Lead concentrations in inner-city soils as a factor in the child lead problem. *Am. J. Public Health* 1983, 73, P. 1366–1369. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
142. Min, X.; Li, X.; Li, Q. Influence of mechanical compaction on reclaimed soil particle size distribution multifractal characteristics. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 2017, 33, 274–283.
143. Mitchell, R.G.; Spliethoff, H.M.; Ribaud, L.N.; Lopp, D.M.; Shayler, H.A.; Marquez-Bravo, L.G.; Lambert, V.T.; Ferenz, G.S.; Russell-Anelli, J.M.; Stone, E.B.; et al. Lead (Pb) and other metals in New York City community garden soils: Factors influencing contaminant distributions. *Environ. Pollut.* 2014, 187, 162–169. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
144. Montgomery, J.A.; Klimas, C.A.; Arcus, J.; DeKnock, C.; Rico, K.; Rodriguez, Y.; Vollrath, K.; Webb, E.; Williams, A. Soil Quality Assessment Is a Necessary First Step for Designing Urban Green Infrastructure. *J. Environ. Qual.* 2016, 45, 18–25. [Google Scholar] [CrossRef]
145. Morel, J.L.; Schwartz, C.; Florentin, L.; de Kimpe, C. Soil Management and Conservation: Urban Soils; Hillel, D., Ed.; *Encyclopaedia of Soils in the Environment*; Academic Press: London, UK, 2005; pp. 202–208. [Google Scholar]
146. Morillo, E.; Romero, A.S.; Maqueda, C.; Madrid, L.; Ajmone-Marsan, F.; Grcman, H.; Davidson, C.M.; Hursthouse, A.S.; Villaverde, J. Soil pollution by PAHs in urban soils: A comparison of three European cities. *J. Environ. Monit.* 2007, 9, 1001–1008. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
147. Mu-En Chang, Zhi-Qing Zhao, Hsiao-Tung Chang & Bo Shu Urban green infrastructure health assessment, based on landsat 8 remote sensing and entropy landscape metrics, *European Journal of Remote Sensing*, 54:1, 2021. P. 417– 430, DOI: 10.1080/22797254.2021.1948357

148. Mukhopadhyay, S.; Maiti, S.K.; Masto, R.E. Use of Reclaimed Mine Soil Index (RMSI) for screening of tree species for reclamation of coal mine degraded land. *Ecol. Eng.* 2013, 57, 133–142. [CrossRef]
149. Mukhopadhyay, S.; Masto, R.E.; Yadav, A.; George, J.; Ram, L.C.; Shukla, S.P. Soil quality index for evaluation of reclaimed coal mine spoil. *Sci. Total Environ.* 2016, 542, 540–550. [CrossRef]
150. Munkholm, L.J.; Schjonning, P.; Kay, B.D. Tensile strength of soil cores in relation to aggregate strength, soil fragmentation and pore characteristics. *Soil Tillage Res.* 2002, 64, 125–135. [CrossRef]
151. Myronova I., Milyutina V. Assessment of the ecological condition of the residential area of Dnipro city Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukrain *Coll.res.pap.nat.min.univ.* 2021, 66:254-266 <https://doi.org/10.33271/crpnmu/66.254>
152. Napoletano, P., Guezgouz, N., Di Iorio, E., Colombo, C., Guerriero, G., & De Marco, A. Anthropic Impact on Soil Heavy Metal Contamination in Riparian Ecosystems of Northern Algeria. *Chemosphere*, 313, 2023. Article ID: 137522. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137522>
153. Nawaz, M.F.; Bourrie, G.; Trolard, F. Soil compaction impact and modelling. *A review. Agron. Sustain.* 2013, 33, P. 291–309. [CrossRef]
154. Norman, L.M.; Villarreal, M.L.; Lara-Valencia, F.; Yuan, Y.; Nie, W.; Wilson, S.; Amaya, G.; Sleeter, R. Mapping socio-environmentally vulnerable populations access and exposure to ecosystem services at the U.S.–Mexico borderlands. *Appl. Geogr.* 2012, 34, P. 413–424. [Google Scholar] [CrossRef]
155. Norra, S.; Stüben, D. Urban soils. *J. Soils Sediments* 2003, 3, 230–233. [Google Scholar] [CrossRef]
156. Oksanen J. Community Ecology Package. R package version 2.0–2. / J. Oksanen, F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, all. // 2011. – <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
157. Olumayowa Oluwasola, H., Oluoye, O., Mohammad Bashir, S., Odewole, O. A., Onyeka Abugu, H., Akpomie, K. G., & Aishatu Umar, M. Geochemical and Health Risk Assessment of Heavy Metals Concentration in Soils around Oke-Ere

Mining Area in Kogi State, Nigeria. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103, 2023. P. 685-700. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1862817>

158. Pang, B.; Yu, Y. Analysis on Soil Microbial Community in Different Land Use Types on Reclamation of Coal Waste Pile. *Chin. J. Soil Sci.* 2017, 48, 359–364.

159. Park, S.-J.; Cheng, Z.; Yang, H.; Morris, E.E.; Sutherland, M.; Gardener, B.B.M.; Grewal, P.S. Differences in soil chemical properties with distance to roads and age of development in urban areas. *Urban Ecosyst.* 2010, 13, 483–497. [Google Scholar] [CrossRef]

160. Paul H. Gobster Urban Park Restoration and the “Museumification” of Nature *Nature and Culture* 2(2), Autumn 2007: 95-114 © Berghahn Journals doi: 10.3167/nc2007.020201

161. Pavao-Zuckerman, M.A. The Nature of Urban Soils and Their Role in Ecological Restoration in Cities. *Restor. Ecol.* 2008, 16, 642–649. [Google Scholar] [CrossRef]

162. Pouyat, R.V.; Yesilonis, I.D.; Nowak, D.J. Carbon Storage by Urban Soils in the United States. *J. Environ. Qual.* 2006, 35, 1566–1575. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] [Green Version]

163. Puskás, I.; Farsang, A. Diagnostic indicators for characterizing urban soils of Szeged, Hungary. *Geoderma* 2009, 148, 267–281. [Google Scholar] [CrossRef]

164. Qi Y, Chen T, Pu J, Yang F, Shukla MK, Chang Q. Response of soil physical, chemical and microbial biomass properties to land use changes in fixed desertified land. *Catena* 160: 2018. P. 339-344

165. Qin, Q.; Wang, H.; Li, X. Effect of Cutting on Forest Soil Function. *World For. Res.* 2018, 31, P. 13–17.

166. Qin, Q.; Wang, J.; Bai, Z.; Guo, L.; Wang, H. Three-dimensional reconstruction and quantitative characterization of reconstruction soil pore at opencast coal mine dump based on CT scanning. *J. China Coal Soc.* 2016, 41, 109–117. [CrossRef]

167. Rabin, M. H., Wang, Q., Kabir, M. H., & Wang, W. Pollution Characteristics and Risk Assessment of Potentially Toxic Elements of Fine Street Dust

during COVID-19 Lockdown in Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 2023. P. 4323-4345. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22541-8>

168. Renforth, P.; Manning, D.A.C.; Lopez-Capel, E. Carbonate precipitation in artificial soils as a sink for atmospheric carbon dioxide. *Appl. Geochem.* 2009, 24, 1757–1764. [Google Scholar] [CrossRef]

169. Rhea, L.; Shuster, W.; Shaffer, J.; Losco, R. Data proxies for assessment of urban soil suitability to support green infrastructure. *J. Soil Water Conserv.* 2014, 69, 254–265. [Google Scholar] [CrossRef]

170. Rodríguez-Espinosa, T.; Navarro-Pedreño, J.; Gómez-Lucas, I.; Jordán-Vidal, M.M.; Bech-Borras, J.; Zorpas, A.A. Urban areas, human health and technosols for the green deal. *Environ. Geochem. Health* 2021, 43, 5065–5086. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]

171. Schipper, L.A.; Sparling, G.P. Accumulation of soil organic C and change in C:N ratio after establishment of pastures on reverted scrubland in New Zealand. *Biogeochemistry* 2011, 104, 49–58. [CrossRef]

172. Schladweiler, B.K. 40 years of the Surface Mining Control and Reclamation Act (SMCRA): What have we learned in the State of Wyoming. *Int. J. Coal Sci. Technol.* 2018, 5, 3–7. [CrossRef]

173. Schroeder, P.D.; Daniels, W.L.; Alley, M.M. Chemical and Physical Properties of Reconstructed Mineral Sand Mine Soils in Southeastern Virginia. *Soil Sci.* 2010, 175, 2–9. [CrossRef]

174. Serdiuk, S., Dovhanenko, D., Okhotnyk, K., Maniuk, V., & Lunova, O. Geoecological analysis of the state of forest park plantations in the Dnipro city using Landsat satellite images. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(4), 2024. P. 849-858. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112375>

175. Shackleton, C.M.; Blair, A. Perceptions and use of public green space is influenced by its relative abundance in two small towns in South Africa. *Landsc. Urban Plan.* 2013, 113, 104–112. [Google Scholar] [CrossRef]

176. Shanahan, D. F., Fuller, R. A., Bush, R., Lin, B. B., & Gaston, K. J. The health benefits of urban nature: How much do we need? *BioScience*, 65(5), 2015. P. 476–485.

177. Shein, E. V., Shcheglov, D. I., Umarova, A. B., Sokolova, I. V., & Milanovskii, E. Y. Structural status of technogenic soils and the development of preferential water flows. *Eurasian Soil Science*, 42(6), 2009. P. 636–644.
178. Six, J., Elliott, E. T., Paustian, K., & Doran, J. W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, 62(5), 1998. P. 1367– 1377.
179. Six, J., Paustian, K., Elliott, E. T., & Combrink, C. Soil structure and organic matter I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 64(2), 2000. P. 681–689.
180. Smirnova, L. G., Novykh, L. L., & Pelekhov, E. A. Physical properties of chernozems on slopes in the landscape farming system. *Eurasian Soil Science*, 39(3), 2006. P. 278–282.
181. Sonn, Y.K.; Hur, S.O.; Hyun, B.G.; Cho, H.J.; Shin, K.S. Differences in Spatial Variation of Soil Chemistry Between Natural and Anthropogenic Soils. *Korean J. Soil Sci. Fertil.* 2014, 47, P. 418–424. [CrossRef]
182. Southon, G. E., Jorgensen, A., Dunnett, N., Hoyle, H., & Evans, K. L. Perceived species-richness in urban green spaces: Cues, accuracy and well-being impacts. *Landscape and Urban Planning*, 172, 2018. P. 1–10.
183. Staniec, M., & Nowak, H. . The application of energy balance at the bare soil surface to predict annual soil temperature distribution. *Energy and Buildings*, 127, 2019. P. 56–65.
184. Suckall, N., Fraser, E. D. G., Cooper, T., & Quinn, C. Visitor perceptions of rural landscapes: A case study in the Peak District National Park, England. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 2009. P. 1195–1203.
185. Thompson, C. W. Urban open space in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*, 60(2), 2002. P. 59–72.
186. Sun, C.; Cheng, Y.; Wang, X.; Jiao, L. Effects of vegetation restoration on soil physicochemical properties and heavy metal pollution characteristics in dump of open pit iron mine. *Mod. Min.* 2017, 33, 218–220, 224.

187. Tan, X.; Mu, X.; Gao, P.; Sun, W.; Zhao, G.; Gu, C. Effects of vegetation restoration on changes to soil physical properties on the loess plateau. *China Environ. Sci.* 2019, 39, 713–722.
188. Tisdall, J. M., & Oades, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33(2), 1982. P. 141–163.
189. Toparlar, Y., Blocken, B., Maiheu, B., & van Heijst, G. J. F. The effect of an urban park on the microclimate in its vicinity: A case study for Antwerp, Belgium. *International Journal of Climatology*, 38, 2018. P. 303–322.
190. Turbé, A., Toni, A. D., Benito, P., Lavelle, P., Lavelle, P., Ruiz, N., Putten, W. H. V. D., Labouze, E., Mudgal, S., De Toni, A., Benito, P., Lavelle, P. P., Ruiz, N., Van der Putten, W., Labouze, E., & Mudgal, S. Soil biodiversity: Functions, threats and tools for policy makers. In: Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission (DG Environment). 25 Agrology, 2022, 5(1) UN, Department of Economic and Social Affairs/Population Division. *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*; ESA/P/WP/224. United Nations Publication, 2012. Available online: <http://esa.un.org/unpd/wpp/Documentation/publications.htm> (accessed on 5 May 2022).
191. Milano V., Maisto G., Baldantoni D., Bellino A., Bernard C., Croce A., Dubs F., Strumia S., Cortet J. The effect of urban park landscapes on soil Collembola diversity: A Mediterranean case study. *Landscape and Urban Planning* Volume 180, December 2018, P. 135-147
192. Valentin H. Klaus, Kathrin Kiehl A conceptual framework for urban ecological restoration and rehabilitation. *Basic and Applied Ecology* Volume 52, May 2021, Pages 82-94.
193. Van den Berg, A. E., Jorgensen, A., & Wilson, E. R. Evaluating restoration in urban green spaces: Does setting type make a difference? *Landscape and Urban Planning*, 127, 2014. P. 173–181.
194. Van den Bosch, M., & Ode Sang, Å. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – A systematic review of reviews. *Environmental Research*, 158, 2017. P. 373–384.
195. Vieira, J., Matos, P., Mexia, T., Silva, P., Lopes, N., Freitas, C., Correia, O., Santos-Reis, M., Branquinho, C., & Pinho, P. Green spaces are not all the same for the

provision of air purification and climate regulation services: The case of urban parks. *Environmental Research*, 160, 2018. P. 306–313.

196. Vigil, R.; Cala, V.; García, R.; Jiménez Ballesta, R. Clay genesis in textural contrasted soils in semiarid conditions. *Mineral. Petrogr. Acta* 1993, XXXV, 253–259. [Google Scholar]

197. Wang, H.; Wang, J.; Cao, Y.; Lu, Y.; Qin, Q.; Wang, Y. Effect of soil and topography on vegetation restoration in an opencast coal mine dump in a loess area. *Acta Ecol. Sin.* 2016, 36, 5098–5108.

198. Wang, J.; Zhang, M.; Bai, Z.; Yang, R.; Guo, L. Multi-fractal characteristics of reconstructed soil particle in opencast coal mine dump in loess area. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 2014, 30, 230–238

199. Wang, S.; Cao, Y.; Bai, Z.; Luo, G.; Kuang, X.; Yang, G. Spatial Characteristics of Reconstructed Soil Texture in Dumping Site of Loess Open-pit Mining Area. *J. Northwest. For. Univ.* 2020, 35, 40–51.

200. Wang, S.; Cao, Y.; Luo, G.; Kuang, X.; Song, L.; Bai, Z. Effects of reconstructing soil in open cast mining areas of the Loess Plateau on soil physical properties and vegetative growth. *J. Agric. Resour. Environ.* 2019, 36, 344–354.

201. Wang, Y.; Zhao, Z.; Yuan, Y.; Guo, A.; Cao, X.; Li, X. Evaluation of soil quality under three robinia pseudoacacia reclamation modes in Antaibao Opencast Mine. *China Coal* 2017, 43, 130–136. [CrossRef] *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 706 17 of 18

202. Washbourne, C.-L.; Renforth, P.; Manning, D. Investigating carbonate formation in urban soils as a method for capture and storage of atmospheric carbon. *Sci. Total Environ.* 2012, 431, 166–175. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]

203. Wenjuan Jin, Zhongyi Wei, Xinzheng Liu, Qi Li, Chunlan Han, Zhenxing Bian, Xufeng Zhang, Fengkui Qian, Yonghai Liu, Effects of constructing farmland with large amounts of iron tailings as soil reconstruction materials on soil properties and crop growth, *Scientific Reports*, 10.1038/s41598-022-24599-3, **12**, 1, (2022).

204. Williams, N. D., & Pettecrew, E. L. (2009). Aggregate stability in organically and conventionally farmed soils. *Soil Use and Management*, 25(3), 2009. P. 284–292.

205. Wu, J. Effects of landscape design on the construction of ecological agriculture demonstration garden. *Chin. J. Agric. Resour. Reg. Plan.* 2017, 38, 148–153.
206. Wu, J.S., Lin, Q.M., Huang, Q.Y., Xiao, H.A. *Soil Microbial Biomass — Methods and Application*. Weather Press, Beijing, in Chinese. China Agriculture Press: Beijing, China, 2006. P. 122–135.
207. Wu, Z. Y. Soil nutrient status and evolution law of cultivated land in Xinjiang Production and Construction Corps (in Chinese). *Journal of Xinjiang Agricultural University* 35, 2012. P. 57–61.
208. Xiao, B.; Wang, Q.; Li, C.; Cao, Z. Effects of reclamation of rehabilitated cropland on soil properties and its spatial variation on the Loess Plateau of China. *J. Northwest. A F Univ. (Nat. Sci. Ed.)* 2011, 39, 185–192.
209. Xie, Q., Yue, Y., Sun, Q., Chen, S., Lee, S.-B., & Kim, S. W. Assessment of ecosystem service values of urban parks in improving air quality: A case study of Wuhan, China. *Sustainability*, 11(22), 2019, 6519.
210. Xing, H.; Zhang, J.; Bai, Z.; Duan, Y.; Shanguan, T.; Guo, D. Correlation Analysis on Plant Recovery and Soil Factors in Antaibao Opencast Coal Mine Dumps. *Environ. Sci. Manag.* 2015, 40, 82–85.
211. Yakovenko, V., & Zhukov, O. Zoogenic structure aggregation in steppe and forest soils. In: Dmytruk, Y., & Dent, D. (Eds.). *Soils under stress*. Springer International Publishing, Cham, 2021. Pp. 111–127.
212. Yang, Y.; Ouyang, Y.; Chen, H.; Xiao, K.; Li, D. Effects of Vegetation Restoration on Soil Nitrogen Pathways in a Karst Region of Southwest China. *Environ. Sci.* 2018, 39, 2845–2852. [CrossRef]
213. Yao, X.; Niu, Y.; Dang, Z.; Qin, M.; Wang, K.; Zhou, Z.; Zhang, Q.; Li, J. Effects of natural vegetation restoration on soil quality on the Loess Plateau. *J. Earth Environ.* 2015, 6, 238–247. [CrossRef]
214. Yu, D.; Jia, X.; Huang, L.; Shao, M.; Wang, J. Spatial Variation of Soil Bulk Density in Different Soil Layers in the Loess Area and Simulation. *Acta Pedol. Sin.* 2019, 56, 55–64.

215. Zalakeviciute, R.; Mejia, D.; Alvarez, H.; Bermeo, X.; Bonilla-Bedoya, S.; Rybarczyk, Y.; Lamb, B. War Impact on Air Quality in Ukraine. *Sustainability* 2022, 14, 13832. [Google Scholar] [CrossRef]
216. Zhang, G.; Bai, Z.; Zhang, C.; Zhang, J. Study on the Changes of Physico-chemical Properties of the Topsoil in Typical Plots in Pingshuo Mining Area. *Hubei Agric. Sci.* 2015, 54, P. 4168–4172. [CrossRef]
217. Zhang, H. Experience of Improving Surrounding Ecological Environment in Antaibao Open-pitCoal Mine. *Opencast Coal Min. Technol.* 2002, 3–5. [CrossRef]
218. Zhang, J.R.; Wang, J.M.; Qin, Q.; Bai, Z. Three-dimensional Multi-fractal Characteristics of Reconstruction Soil Pore at Opencast Coal Mine Dump based on CT Scanning. *Chin. J. Soil Sci.* 2017, 48, 786–793. [CrossRef]
219. Zhang, Y. Population Dynamics of *Robinia pseudoacacia* in Different Plant Configuration in Antaibao Opencast Coal Mine Dump. Master's Thesis, Shanxi University, Taiyuan, China, 2014.
220. Zhang, Y.; Song, Z.; Kong, T.; Zhao, D.; Wang, L.; Wang, Y. Amelioration Effect of Coal Gangue on Physical and Chemical Properties of Saline-alkaline Soil. *Ecol. Environ. Sci.* 2021, 30, 195–204. [CrossRef]
221. Zhang, Y.; Wang, J.; Zhu, Y. Effects of land subsidence caused by coal mining on the spatial variation of soil total nitrogen and organic matter concentrations in loess area. *Chin. J. Ecol.* 2018, 37, 1676–1684. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 706 16 of 18
222. Zhao, L. Study on Land Reclamation Mode in Shuozhou Mining Area. Master's Thesis, Shanxi Agricultural University, Jinzhong, China, 2013.
223. Zhao, S.; Zhao, Y.; Wu, J. Quantitative analysis of soil pores under natural vegetation successions on the Loess Plateau. *Sci. Sin. (Terrae)* 2010, 40, 223–231. [CrossRef]
224. Zhao, Y.; Liu, H.; Wang, X.; Zou, Y.; Tian, S. Research on relationship between terrain factors and soil physical properties of reclamation dump based upon UAV image. *China Coal* 2018, 44, 117–122. [CrossRef]

225. Zheng, Y.; Zhang, Z.; Yao, D.; Chen, X. Study on Influence of Gangue on Reclaimed Soil Properties. *J. Anhui Univ. Sci. Technol. (Nat. Sci.)* 2013, 33, 7–11. [CrossRef]

226. Zhou, S.; Xiang, Y.; Xiao, Y.; Huang, C.; Tang, J.; Luo, C.; Han, B.; Liang, K. Response of culturable soil microorganisms to simulated nitrogen deposition in a natural evergreen broadleaf forest in the Rainy Area of Western China. *Acta Ecol. Sin.* 2017, 37, 1191–1198. [CrossRef]

227. Zimaroeva A. A. Determining Spatial Parameters of the Ecological Niche of *Parus major* (Passeriformes, Paridae) on the Base of Remote Sensing Data / A. A. Zimaroeva, O. V. Zhukov, O. L. Ponomarenko // Вестник зоологии. - 2016. - Т. 50, № 3. – Р. 251–258. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vzl_2016_50_3_7

ДОДАТОК А

ОПИСОВІ СТАТИСТИКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ

Властивості, середнє \pm середньоквадратична похибка	Полігони				Коефіцієнт кореляції (значимий лише при $p < 0,05$ представлено)		
	1	2	3	4	PC1	PC2	PC3
Твердість ґрунту на глибині, см в МПа							
0-5	1,79 \pm 0,04	1,44 \pm 0,05	0,83 \pm 0,01	0,99 \pm 0,01	-0,86	0,17	0,10
5-10	2,45 \pm 0,06	1,88 \pm 0,07	1,05 \pm 0,01	1,2 \pm 0,02	-0,85	0,22	0,14
10-15	2,77 \pm 0,09	2,06 \pm 0,10	1,17 \pm 0,02	1,21 \pm 0,03	-0,81	0,30	0,19
15-20	2,73 \pm 0,09	1,97 \pm 0,09	1,33 \pm 0,04	1,19 \pm 0,03	-0,75	0,40	0,22
20-25	2,43 \pm 0,09	1,74 \pm 0,08	1,7 \pm 0,06	1,27 \pm 0,04	-0,53	0,57	0,34
25-30	2,25 \pm 0,09	1,75 \pm 0,06	2,23 \pm 0,08	1,46 \pm 0,05	-0,21	0,74	0,33
30-35	2,31 \pm 0,09	2,1 \pm 0,07	2,74 \pm 0,09	1,99 \pm 0,08	-	0,75	0,24
35-40	2,83 \pm 0,09	2,78 \pm 0,08	3,22 \pm 0,08	2,58 \pm 0,09	-	0,74	-
40-45	3,45 \pm 0,09	3,57 \pm 0,08	3,56 \pm 0,08	3,28 \pm 0,09	-	0,58	-0,37
45-50	4,04 \pm 0,08	4,13 \pm 0,08	3,76 \pm 0,07	3,79 \pm 0,07	-0,16	0,44	-0,61
50-55	4,33 \pm 0,06	4,53 \pm 0,06	4 \pm 0,07	4,23 \pm 0,06	-0,20	0,32	-0,71
55-60	4,64 \pm 0,04	4,77 \pm 0,05	4,36 \pm 0,05	4,53 \pm 0,05	-0,21	0,28	-0,77
60-65	4,87 \pm 0,04	4,91 \pm 0,05	4,62 \pm 0,05	4,75 \pm 0,04	-0,15	0,32	-0,80
65-70	4,9 \pm 0,03	4,99 \pm 0,04	4,75 \pm 0,04	4,89 \pm 0,03	-	0,26	-0,74
70-75	4,79 \pm 0,03	5,01 \pm 0,04	5,35 \pm 0,05	4,85 \pm 0,03	0,39	0,46	-0,47
75-80	4,7 \pm 0,03	4,88 \pm 0,04	5,63 \pm 0,06	4,86 \pm 0,03	0,59	0,47	-0,24
80-85	4,82 \pm 0,03	4,57 \pm 0,03	5,67 \pm 0,05	4,88 \pm 0,03	0,67	0,42	-0,14
85-90	4,99 \pm 0,02	4,15 \pm 0,03	4,53 \pm 0,04	4,98 \pm 0,02	0,16	-	-0,32
90-95	4,78 \pm 0,02	3,95 \pm 0,03	4,64 \pm 0,04	5,02 \pm 0,02	0,40	-	-0,22
95-100	4,23 \pm 0,03	3,95 \pm 0,03	4,79 \pm 0,04	5,10 \pm 0,03	0,69	--	-0,17
Сукупна частка, у %							
>10 мм	0,06 \pm 0,003	0,05 \pm 0,002	0,13 \pm 0,006	0,07 \pm 0,003	0,59	0,36	0,33
7-10 мм	0,24 \pm 0,009	0,21 \pm 0,01	0,47 \pm 0,02	0,25 \pm 0,01	0,55	0,44	0,37
5-7 мм	0,31 \pm 0,01	0,46 \pm 0,02	0,67 \pm 0,02	0,37 \pm 0,02	0,47	0,42	0,30
3-5 мм	7,65 \pm 0,18	8,74 \pm 0,37	13,03 \pm 0,34	8,52 \pm 0,25	0,55	0,47	0,30
2-3 мм	17,84 \pm 0,29	17,94 \pm 0,41	20,48 \pm 0,45	19,94 \pm 0,42	0,43	0,26	0,17
1-2 мм	24,08 \pm 0,50	24,72 \pm 0,52	27,25 \pm 0,43	30,05 \pm 0,52	0,38	-0,27	-0,16
0,5-1 мм	16,64 \pm 0,34	18,53 \pm 0,53	19,19 \pm 0,50	20,05 \pm 0,43	0,11	-0,31	-0,28
0,25-0,5 мм	12,24 \pm 0,23	12,27 \pm 0,28	9,72 \pm 0,25	10,17 \pm 0,25	-0,53	-	-
<0,25 мм	21,00 \pm 0,76	16,54 \pm 0,58	8,82 \pm 0,35	10,23 \pm 0,47	-0,70	-	-
Інші властивості ґрунту							
Електропровідність, дСм/м	0,45 \pm 0,006	0,41 \pm 0,008	0,29 \pm 0,007	0,35 \pm 0,007	-0,54	-	-0,16
Підтилка, см	3,47 \pm 0,06	2,26 \pm 0,06	1,83 \pm 0,05	3,54 \pm 0,05	-0,17	-0,42	-0,27
Вологість, %	25,87 \pm 0,31	21,57 \pm 0,39	30 \pm 0,18	27,83 \pm 0,21	0,75	-	-
Щільність	1,01 \pm 0,01	1,09 \pm 0,008	0,8 \pm 0,006	0,89 \pm 0,006	-0,82	-	-0,13

ДОДАТОК Б

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара
Олег МАРЕНКОВ
«__» _____ 2024 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о. проректора з науково-педагогічної
роботи Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара
Наталія ГУК
«__» _____ 2024 р.

АКТ

впровадження результатів роботи, поданої на здобуття наукового ступеня
доктора філософії Головні А.В. «Екологічна оцінка впливу реконструкції міського парку
на фізичний стан ґрунту» в освітній процес Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара»

1. 29 січня 2024 р. вчена рада біолого-екологічного факультету у складі 15 осіб заслухала повідомлення аспірантки Головні А.В. про результати виконання наукового дослідження.
2. Стисла характеристика результатів дослідження:
В дисертації досліджено вплив реконструкції Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара на фізичні властивості ґрунту. На основі досліджень встановлено, що реконструкційна діяльність змінює характер профільного розподілу значень твердості ґрунту та підвищує твердість верхніх ґрунтових шарів, що негативно позначається на властивостях ґрунту, як середовища існування рослин. Доведено, що вплив реконструкції помітно позначився на агрегатній структурі ґрунту реконструйованих полігонів, призвівши до помітного зростання мікроагрегатів і відповідного зменшення мезоагрегатів, сприятливих для зростання фітоценозу. Встановлена залежність електропровідності ґрунту та його вологості. Електропровідність ґрунту на реконструйованих територіях має позитивний лінійний зв'язок зі змінами показника гемеробії, який відображає ступінь трансформації рослинного угруповання внаслідок антропогенного впливу.
3. Використання в освітньому процесі
Основні теоретичні положення й матеріали дисертації застосовуються при викладанні дисциплін: «Моніторинг довкілля», «Концептуальні принципи та методологія екології», «Технології аналізу екологічної інформації», «Еколого-експертна оцінка впливу на довкілля».
4. Відомості про впроваджені об'єкти права інтелектуальної власності:
Olga M. Kunakh, Nadia V. Yorkina, Natalia M. Turovtseva, Julia L. Bredikhina, Julia O. Balyuk, Alevtina V. Golovnya (2021) Effect of Urban Park Reconstruction on Physical Soil Properties. *Ecologia Balcanica*, vol. 13, issue 2 – Whole issue, 57-73 http://web.uniplovdiv.bg/mollov/EB/2021_vol13_iss2/057-073_eb.21124.pdf (**Web of Science, Scopus – 3-й кuartиль**). Головня А.В., Кунах О.М. (2023) Вплив реконструкції на паркові насадження урбоєкосистеми на прикладі ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Том 52, 2023. ISSN 2073-8331. Golovnya, A. V. (2023). The impact of the Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University reconstruction on the soil aggregate structure. *Ecology and Noospherology*, 34(2),

123–127. doi:10.15421/032319. Головня А., Кунах О. (2021) Вплив реконструкції ботанічного саду м. Дніпро на фізичні властивості ґрунту Вплив реконструкції Ботанічного саду м. Дніпро на фізичні властивості ґрунту. Proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference Toronto, Canada 21-23 April 2021. - С. 340-347. Holovnia A. V., Kunakh O. M. (2021) Biological diversity of the soil macrofauna communities of Oles Honchar Dnipro National University Botanical Garden. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали XI Міжнародної наукової конференції “Zoocenosis–2021.”. Дніпро, 10–12.11.2021 р., Ліра, 2021. – С. 28-29. Головня А.В., Кунах О.М. (2023) Екологічна оцінка наслідки реконструкції Ботанічного саду за агрегатною структурою ґрунту. Recent Trends in Science: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Internet Conference, May 4-5, 2023. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 325 p. ISBN 978-617-8293-05-5. Holovnia A. V. (2023) Biodiversity of plant communities of Oles Honchar Dnipro National University Botanical Garden. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали XII Міжнародної наукової конференції присвяченої 105-річчю Дніпровського Національного Університету імені Олеся Гончара.— Дніпро: Середняк Т. К., 2023, — 86 с. ISBN 978-617-8139-09-4.

5. Пропозиції ради

Запропоновано впровадити результати дисертаційної роботи Алевтини ГОЛОВНІ «Екологічна оцінка впливу реконструкції міського парку на фізичний стан ґрунту» в освітній процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара»

Голова вченої ради
біолого-екологічного факультету,
д.б.н., проф.



Олена СЕВЕРИНОВСЬКА