

Міністерство освіти і науки України
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ТУТОВА ГАННА ФЕДОРІВНА

УДК 502.171:624.131.2(477.7)(1-751.3)(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ
РІЗНОМАНІТТЯ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ ПРИРОДНОГО
ЗАПОВІДНИКА «ДНІПРОВСЬКО-ОРІЛЬСЬКИЙ»

091 Біологія

09 Біологія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ Тутова Г.Ф.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник: Туровцева Наталя Миколаївна,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Мелітополь – Запоріжжя 2024

АНОТАЦІЯ

Тутова Г.Ф. Різноманіття ґрунтового покриву природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія. – Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь – Запоріжжя, 2024.

Заплави є осередками видового різноманіття, тому заплавні біотопи часто містять природоохоронні території. Актуальною проблемою сучасної науки є створення стратегії для збереження ґрунтів, від яких залежить функціональна стабільність як окремих екосистем, так і ландшафтних ланцюгів в цілому. Морфологія ґрунту надає структурну та функціональну інформацію про заплавні екосистеми. Просторова та часова гетерогенність морфології ґрунту є економічно ефективним екологічним індикатором, який можна легко інтегрувати в протоколи швидкої оцінки для проєктів відновлення заплавних та річкових екосистем. Метою дисертаційної роботи є встановити закономірності мінливості морфології структури ґрунтів природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» та оцінити роль різноманіття ґрунтового покриву як фактору структурної та функціональної стійкості екосистем заповідної території. У процесі реалізації мети було вирішено такі завдання: досліджено ґрунтовий покрив у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський»; створена ґрунтова карта заповідника на основі точкових даних; встановлено класифікаційне положення ґрунтів долини річки Дніпро (у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський») за міжнародною класифікацією WRB та роль четвертинних відкладів у формуванні різноманіття ґрунтів долини; встановлено видовий склад дощових черв'яків у досліджуваних екосистемах; визначена залежність між агрегатною структурою і чисельністю дощових черв'яків.

Об'єктом вивчення є ґрунти та ґрунтова біота природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Предмет дослідження: закономірності просторової мінливості ґрунтів природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» та роль дощових черв'яків у формуванні фізичних властивостей ґрунтів.

Дослідження проводили на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» (Україна). Вимірювання властивостей ґрунтів проводили на 20 полігонах на кожному з яких закладено 105 точок, які були розміщені за регулярною сіткою. Точки розташовані в центрі квадратів розміром 3×3 метри, в межах яких проводилась рельєфна розбивка. Вимірювання опору проникнення в ґрунт проводили в польових умовах за допомогою ручного пенетрометра Eijkelkamp, на глибину 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 опору проникнення в ґрунт виконували тільки в одній повторності. Агрегатний склад визначали методом сухого розсіву на системі сит. Вивчення морфології ґрунтового профілю досліджено відповідно до рекомендацій з польового опису ґрунтів FAO. Генетичний тип ґрунтового профілю визначали за Розановим. Класифікацію ґрунтів проводили згідно з робочою групою IUSS WRB. Класифікаційна позиція за WRB - Fluvic Gleysol (Arenic, Ochric). Видові списки судинних рослин були записані для кожної точки відбору проб розміром 3×3 м, разом з візуальною оцінкою проективного покриття за шкалою Брауна-Бланке (Braun-Blanquet). Проективне покриття видів рослин вимірювалося на рівні ґрунту, підстилки (висотою до 2 м) та намети (висотою понад 2 м). Таксономічні назви рослин наведено відповідно до ресурсу Euro+Med Plantbase (<http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed>). Фітоіндикація екологічних факторів навколишнього середовища проводили за Я.П. Дідухом. Геостатистичні методи та оцінка моделей реакції тварин на основі факторів навколишнього середовища.

Науковою новизною отриманих результатів є: уперше досліджений ґрунтовий покрив у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський»; встановлено класифікаційне положення ґрунтів долини річки Дніпро (у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський»); з'ясована роль четвертинних відкладів у формуванні різноманіття ґрунтів долини; обґрунтована залежність між агрегатною структурою і чисельністю дощових черв'яків; доповнено відомості про показники видового різноманіття угруповань *Lumbricidae*; роль едафічних чинників (електропровідність, вологість, щільність, агрегатний склад) та значення рослинного покриву на просторову організацію *Lumbricidae*; набула подальшого розвитку концепція екологічної ніші Дж. Хатчинсона і методи їх кількісної оцінки.

У Всесвітній довідковій базі ґрунтових ресурсів еталонні групи ґрунтів були класифіковані з використанням геоморфологічних предикторів. Типи ґрунтів змогли пояснити 90% варіації висот, зайнятих ґрунтами. Ареносоли займають статистично достовірно вищу позицію в рельєфі, ніж інші типи ґрунтів. У свою чергу, евтричні ареносоли займали вищу позицію ($68,91 \pm 0,48$ м), ніж евтричні ламельні ареносоли ($63,32 \pm 0,54$ м). Інші ґрунти займали не значущу позицію в топографії, ґрунти статистично не відрізнялися за висотою. Типи ґрунтів змогли пояснити 38% варіації висоти яку займали ґрунти. Найвищі значення індексу вологості рельєфу було виявлено для Флювісолів ($12,73 \pm 0,23$) та у Солонці ($12,73 \pm 0,23$ м). Відмінності між цими ґрунтами не були статистично вірогідними. Індекс вологості рельєфу був дещо нижчим для камбісолів ($11,80 \pm 0,21$) та евтричних ламелярних ареносолів ($12,21 \pm 0,28$), які також не відрізнялися за цим показником. Найнижче значення індексу зволоження рельєфу виявлено для глейових ($11,15 \pm 0,17$) та евтричних ареносолів ($10,95 \pm 0,24$), які за цим показником не відрізняються один від одного. Евтричні ареносоли та евтричні ламельні ареносоли формуються на великих глибинах залягання ґрунтових вод ($7,89 \pm 0,50$ і $2,62 \pm 0,46$ м відповідно). Глейсоль і Солонець формуються

при близькому заляганні ґрунтових вод до поверхні ($0,28 \pm 0,27$ і $0,21 \pm 0,46$ м, відповідно) порівняно з Флювісолям і Камбісолям ($0,46 \pm 0,38$ і $0,41 \pm 0,35$ м, відповідно). Висота над рівнем моря є найбільш інформативно цінним предиктором, але індекс вологості рельєфу та вертикальна відстань до руслової мережі значно поліпшили дискримінацію. Ареносоли дуже відрізнялися від інших ґрунтів, які займають автоморфне положення. Камбісоли займали перехідну позицію. Інші ґрунти займали гідроморфні позиції. Флювісол та Солонець займали більш вологі позиції, тоді як Глейсол навпаки. Флювісол і Солонець відрізнялися за рівнем залягання ґрунтових вод. Солонець переважно залягав на близькому рівні ґрунтових вод. Матриця класифікації підтвердила можливість використання геоморфологічних предикторів для побудови моделі просторової варіації ґрунтів на досліджуваній території. Просторова модель демонструє організацію ґрунтового покриву заповідника. Розрахунки показали, що камбісоли займають 20,7% площі, евтрофні ареносоли – 16,0%, евтрофні ламельні ареносоли 17,9%, флювісоли займають 15,2%, глейсоли - 28,7% і солонець - 1,5%.

У результаті дисертаційного дослідження встановлено класифікаційне положення ґрунтів долини річки Дніпро (у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський») за міжнародною класифікацією WRB. Розрізи були закладені вздовж трьох трансектів, які проходили через найбільш значні градієнти рельєфу в межах досліджуваної території. Вивчення морфологічної будови на основі 20 ґрунтових профілів показало, що ґрунтовий покрив тісно пов'язаний з геоморфологічною будовою річкової долини. Морфологічні характеристики типових профілів ґрунтів відображають їх структуру, властивість, генезис та визначають класифікаційне положення відповідно до WRB. Багатовимірне масштабування дозволило нам виконати ординацію ґрунтів у просторі двох вимірів. Вимір 1 диференціює ґрунти за градієнтом висоти рельєфу та/або рівнем вологості. Вимір 2 диференціює гідроморфні ґрунти. Встановлено, що властивості четвертинних відкладів визначають

положення ґрунтів на обох рівнях класифікації (референтні групи, основні та додаткові кваліфікатори). Розподіл кожної з референтних груп чітко пов'язаний з геоморфологією долини. Ареносоли та камбісоли формують ґрунтовий покрив надзаплавної тераси, тоді як флювісоли та глейсоли зустрічаються переважно в заплаві.

Дощові черв'яки беруть активну участь у перетворенні органічної речовини та у формуванні водостійкої агрегатної структури ґрунту. У короткостроковій перспективі дощові черв'яки є фактором, що впливає на властивості ґрунту. Однак, на властивості ґрунту впливають й інші фактори ґрунту, і саме вони визначають загальний рівень чисельності дощових черв'яків та характер їх просторового розподілу. Рекреаційне навантаження суттєво впливає на фізичні властивості ґрунту. Агрегатна структура ґрунту регулює співвідношення твердих, рідких і газоподібних фракцій ґрунту і таким чином визначає умови життя ґрунтових тварин.

Ключові слова: заплава, ландшафтний менеджмент, багатоміріне шкалювання, охорона природи, ґрунтовий покрив, цифрова модель рельєфу, морфологія ґрунту, екологічний моніторинг, дощові черв'яки, агрегатна структура.

SUMMARY

Floodplains are the centers of the species diversity, so floodplain biotopes often contain nature conservation areas. The topical problem of the modern science is the creation of the strategy for the preservation of soils, the functional stability of both individual ecosystems and landscape chains as a whole depends on them. Soil morphology provides the structural and the functional information about floodplain ecosystems. The spatial and the temporal heterogeneity of soil morphology is economically effective ecological indicator that can be easily integrated into the protocols of the rapid estimation for the projects of the restoration of the floodplain and the river ecosystem.

The aim of the dissertation is to determine the regularities of the variability of the morphology of the structure of soil of the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve and to evaluate the role of the diversity of the soil cover as the factor of the structural and the functional stability of the ecosystems of the protected territory. In the process of the realization of the aim, the following tasks have been solved as soil cover has been investigated within the boundaries of the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve; the soil map of the reserve has been created based on point data; the classification position of the soils of the Dnipro River valley has been determined (within the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve) according to the international WRB classification and the role of Quaternary deposits in the formation of the diversity of the soils of the valley; the species composition of earthworms in the studied ecosystems have been established; the dependence between the aggregate structure and the number of earthworms has been determined.

The object of study is the soils and soil biota of the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve. The subject of the study is the regularity of the spatial variability of soils of the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve and the role of earthworms in the formation of the physical properties of soils.

The research has been conducted on the territory of the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve, Ukraine. The measurement of the properties of soil has been carried out at 20 polygons, each of which has 105 points placed on the regular grid. The points are located in the center of the squares size by 3x3 meters, within which the relief division has been carried out. The measurement of the resistance of the penetration of soil has been carried out in the field condition with the help of the manual penetrometer Eijkelkamp, to the depth of 100 cm with the interval of 5 cm. The average error of the results of the measurement of the instrument is $\pm 8\%$. The measurement has been made with the cone with the cross section of 1 cm^2 . At each point of the measurement of the resistance into the soil has been carried out only in one repetition. The aggregate composition has been determined with the method of dry scattering on the sieve system. The study of the morphology of the soil profile

has been investigated in accordance with the recommendations of the field description of soil FAO. The genetic type of the soil profile has been determined according to Rozanov. The soil classification has been carried out according to the working group IUSS WRB. The classification position according to WRB is Fluvic Gleysol (Arenic, Ochric). The species lists of the vascular plants have been recorded for each sampling point 3×3 m together with the visual estimation of the projective cover using the Braun-Blanquet scale. The projective cover of plant species has been measured at the level of soil, bedding (height up to 2 m) and tent (height over 2 m). The taxonomic names of the plants have been given according to the resource Euro+Med Plantbase (<http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed>). The phytoindication of the ecological factors of the environment has been carried out according to Didukh. The geostatistical methods and the estimation of the models of the reaction of the animal have been carried out based on the environmental factors.

The scientific novelty of the obtained results is the ground cover has been investigated within the boundaries of the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve firstly; the classification position of the soils of the Dnipro River valley (within the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve) has been determined; the role of Quaternary deposits in the formation of the diversity of the soils of the valley has been found out; the dependence between the aggregate structure and the number of earthworms has been grounded; the information on indicators of the species diversity of the groups of *Lumbricidae* has been supplemented; the role of the edaphic factors (electrical conductivity, humidity, density, aggregate composition) and the meaning of the vegetation cover on the spatial organization of *Lumbricidae* have been supplemented; J. Hutchinson's concept of the ecological niche and the methods of their quantitative assessment have been acquired further development.

In the World Reference Database of Soil Resources, the standard groups of soils have been classified using the geomorphological predictors. The soil types were able to explain 90% of the variations of the heights occupied by soils. Arenosols occupy statistically significantly higher position in the relief than other

soil types. In turn, eutric arenosols have occupied the higher position (68.91 ± 0.48 m) than eutric lamellar arenosols (63.32 ± 0.54 m). Other soils have not occupied the significant position in the topography, the soils have not differed statistically by height. The soil types were able to explain 38% of the variation of the height occupied by soil. The highest meaning of the index of the humidity of the relief have been found for Fluvisols (12.73 ± 0.23) and in Solonets (12.73 ± 0.23 m). The differences between these soils have been not statistically reliable. The index of the humidity of the relief has been slightly lower for Cambisols (11.80 ± 0.21) and eutric lamellar Arenosols (12.21 ± 0.28), which also haven't differed by this indicator. The lowest meaning of the index of the wetting of the relief has been found for gley (11.15 ± 0.17) and eutric arenosols (10.95 ± 0.24), which haven't differed from each other by this indicator. Eutric arenosols and eutric lamellar arenosols are formed at the great depths of the occurrence of groundwater (7.89 ± 0.50 and 2.62 ± 0.46 m, respectively). Gleisol and Solonets are formed when groundwater is close to the surface (0.28 ± 0.27 and 0.21 ± 0.46 m, respectively) compared to Fluvisol and Cambisol (0.46 ± 0.38 and 0.41 ± 0.35 m, respectively). The altitude is the most informative predictor, but the index of the humidity of the relief and the vertical distance to channel network significantly have improved discrimination. Arenosols have been differed from other soils which are occupied automorphic position. Cambisols have occupied the transitional position. Other soils have occupied hydromorphic positions. Fluvisol and Solonets have occupied more humid positions, while Gleysol is the opposite. Fluvisol and Solonets have differed by the level of groundwater. Solonets mostly have occupied near ground of the water level. The matrix of the classification has confirmed the possibility of the use of geomorphological predictors to build the model of the spatial variation of soils in the studied territory. The spatial model demonstrates the organization of the soil cover of the reserve. The calculations have showed that Cambisols occupy 20.7% of the area, eutrophic Arenosols occupy 16.0%, eutrophic lamellar Arenosols occupy 17.9%, Fluvisols occupy 15.2%, Gleisols occupy 28.7%, and Solonets occupy 1.5%.

As the result of the dissertation research, the classification position of the soils of the Dnipro River valley (within the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve) according to the international classification WRB has been established. The bore pits have been laid along three transects passed through the most significant gradients of the relief within the studied territory. The study of the morphological structure based on 20 soil profiles has showed that the soil cover is closely related to the geomorphological structure of the river valley. The morphological characteristics of the typical soil profiles reflect their structure, the properties, the genesis and determine the classification position according to WRB. The multidimensional scaling has allowed performing the ordination of soil in two-dimensional space. Dimension 1 differentiates soils by gradient of the height of the relief and / or the level of the humidity. Dimension 2 differentiates hydromorphic soils. It has been established that the properties of Quaternary deposits determine the position of soils at both levels of classification (the reference groups, the main and the additional classifiers). The distribution of each of the reference groups is clearly related to the geomorphology of the valley. Arenosols and Cambisols form the soil cover of the supraflood terrace, while Fluvisols and Gleisols are found mainly in the floodplain.

Earthworms take the active part in the transformation of the organic matter and in the formation of the water-resistant aggregate structure of the soil. In the short term, earthworms are the factor affecting soil properties. But, the properties of soil are affected other factors of soil, and these factors determine the general level of earthworm population and the nature of their spatial distribution. The recreational load significantly affects the physical properties of the soil. The aggregate structure of the soil regulates the correlation of solid, liquid and gaseous fractions of the soil and, thus, determines the living conditions of soil animals.

Key words: floodplain, landscape management, multidimensional scaling, nature conservation, soil cover, digital model of relief, soil morphology, ecological monitoring, earthworms, aggregate structure.

**Список публікацій здобувача в яких опубліковані основні наукові
результати дисертації**

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

1. Tutova, G.F., Zhukov, O.V., Kunakh, O.M., Zhukova, Y.O. (2022) Response of earthworms to changes in the aggregate structure of floodplain soils IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1049(1), 012062 DOI: 10.1088/1755-1315/1049/1/012062 **(Scopus)** *(особистий внесок: відбір ґрунтово-зоологічних проб, вимірювання твердості ґрунту, його щільності, вологості, формулювання висновків).*
2. Zhukov, O., Kunakh, O., Yorkina, N., Tutova, A. (2022) Response of soil macrofauna to urban park reconstruction, Soil Ecology Letters, 5(2), 220156 DOI:10.1007/s42832-022-0156-0 **(Scopus)** *(особистий внесок: відбір ґрунтово-зоологічних проб, вимірювання твердості ґрунту, його щільності, вологості, формулювання висновків).*
3. Kunakh, O.M., Volkova, A.M., Tutova, G.F., Zhukov, O.V. (2023) Diversity of diversity indices: Which diversity measure is better? Biosystems Diversity, 31(2), pp. 131–146 DOI: <https://doi.org/10.15421/012314> **(Scopus)** *(особистий внесок: підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*
4. Mykhailyuk, T., Lisovets, O., Tutova, H. (2023) Steppe vegetation islands in the gully landscape system: Hemeroby, naturalness and phytoindication of ecological regimes. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 14(4), 581-594. DOI: <https://doi.org/10.15421/022385> **(Scopus)** *(особистий внесок: підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*
5. Mykhailyuk, T., Lisovets, O., Tutova, H. (2023) The importance of terrain factors in the spatial variability of plant cover diversity in a steppe gully. Biosystems Diversity, 31(4), pp. 470–483. DOI: <https://doi.org/10.15421/012356>

(Scopus) *(особистий внесок: підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*

6. Yakovenko, V., Kunakh, O., Tutova, H., Zhukov, O. (2023) Diversity of soils in the Dnipro River valley (based on the example of the Dnipro-Orilsky Nature Reserve) *Folia Oecologica*, 50(2), pp. 119–133 DOI: <https://doi.org/10.2478/foecol-2023-0011> **(Scopus)** *(особистий внесок: підбір та опрацювання літератури частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*

7. Tutova, G.F., Kunakh, O.M., Yakovenko, V.M., Zhukov, O.V. (2023) The importance of relief for explaining the diversity of the floodplain and terrace soil cover in the Dnipro River valley: The case of the protected area within the Dnipro-Orylskiy Nature Reserve *Biosystems Diversity*, 31(2), pp. 177–190 DOI: <https://doi.org/10.15421/012319> **(Scopus)** *(особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).*

Список публікацій які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

8. Тутова Г.Ф. (2021) Дощові черв'яки як компонент біоценозу та їх роль у формуванні агрегатної структури антропогенно порушених ґрунтів, VIII Міжнародна науково-практична конференція «Science and practice, actual problems, innovations».

9. Тутова Г.Ф. (2022) Екосистемні послуги та заходи збереження водно-болотних угідь, Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Водно-болотні угіддя: сучасний стан та перспективи розвитку».

10. Tutova G.F. Response of earthworms to changes in the aggregate structure of floodplain soils, 3rd International Conference on Sustainable Futures: environmental, technological, social and economic matters (ICSF 2022) May 24-27, 2022 at Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine.

11. Tutova G.F. The ecomorphic aspect of the soil macrofauna community transformation under recreational impact, 4rd International Conference on

Sustainable Futures: environmental, technological, social and economic matters (ICSF 2023) May 23-26, 2023 at Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine.

12. Tutova G.F. Role of earthworms (*Lumbricidae*) in the formation of the aggregate structure of anthropogenic soils, Educational project «EcoMining: Development of Integrated PhD Program for Sustainable Mining & Environmental» September 6-10, 2021 at Dnipro, Ukraine.

13. Tutova G.F. “Advanced course in EU environmental safety and climate policy” with the support of EU within the framework of Erasmus+ Programme Jean Monnet Chair «EU Climate Leadership» 620031-EPP-1- 2020-1-UA-EPPJMO-CHAIR 22.02.2022 – 31.05.2022 at Sumy, Ukraine.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1. ҐРУНТ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)	22
1.1. Рельєф і його вплив на ґрунтовий покрив	22
1.2. Екологічні умови ґрунтової біоти	27
1.3. Діяльність ґрунтової макрофауни	30
РОЗДІЛ 2. МАТЕРАЛІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	33
2.1. Територія дослідження	33
2.2. Опис морфології ґрунтів	35
2.3. Опис рослинного покриву	35
2.4. Вимірювання властивостей ґрунту.....	36
2.5. Розміщення ґрунтових профілів	36
2.6. Статистичний аналіз	39
РОЗДІЛ 3. ОПИС ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «ДНІПРОВСЬКО-ОРІЛЬСЬКИЙ»	41
3.1. Опис ґрунтів у межах заповідника	41
3.2. Карта ґрунтів заповідника.....	69
Висновки до розділу	77
РОЗДІЛ 4. РІЗНОМАНІТНІСТЬ ҐРУНТІВ ДОЛИНИ РІЧКИ ДНІПРО (НА ПРИКЛАДІ ЗАПОВІДНИКА «ДНІПРОВСЬКО-ОРІЛЬСЬКИЙ»)	79
4.1. Геоморфологічна характеристика досліджуваної території	79
4.2. Морфологічний опис ґрунтів за міжнародною класифікацією WRB....	81
4.3. Багатовимірне масштабування	86
4.4. Перехід властивостей ґрунту в градієнті багатовимірної розмірності..	87
4.5. Характеристика ґрунтів долини Дніпра на обох рівнях.....	89
Висновки до розділу	93

РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ ДОЩОВИХ ЧЕРВ'ЯКІВ НА АГРЕГАТНУ СТРУКТУРУ ҐРУНТУ	94
5.1. Фізичні властивості ґрунтів	94
5.2. Агрегатна структура ґрунту як показник чисельності дощових черв'яків	105
Висновки до розділу	119
ВИСНОВКИ	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	122
ДОДАТОК 1	150
ДОДАТОК 2.	159

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Ґрунт – це верхній шар землі, що складається з різноманітних матеріалів, таких як мінеральні частинки (пісок, глина, суглинок), органічна речовина (рештки рослин, гумус), вода і повітря. Його стан і якість визначаються різними факторами, включаючи клімат, геологію, тип рослинності, рельєф, гідрологію та людська діяльність. Стратегії збереження ґрунтів мало уваги приділяють ґрунтам, від яких залежить функціональна стабільність як окремих екосистем, так і ландшафтних ланцюгів в цілому. Морфологія ґрунту (гірська порода, текстура, колір, волога, вміст гумусу, простір шпар) надає структурну та функціональну інформацію про заплавні екосистеми. Просторова та часова гетерогенність морфології ґрунту є економічно ефективним екологічним індикатором, який можна легко інтегрувати в протоколи швидкої оцінки для проектів відновлення заплавних та річкових екосистем. Еталонні ґрунти у Всесвітній ґрунтовій базі були класифіковані використовуючи геоморфологічні предиктори. Геоморфологічними предикторами можуть бути: висота рельєфу, топографічний індекс вологості, фактор ерозії, індекс топографічного положення, висота над рівнем моря. Так типи ґрунтів змогли пояснити 90% варіації висот, зайнятих ґрунтами.

За даними сучасних досліджень, чутливим індикатором стану ґрунтового покриву біогеоценозів є дощові черв'яки (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*). Встановлення видового складу люмбрицид дає змогу визначити напрями перетворення їх угруповань та окреслити фактори, які впливають на хід і швидкість сукцесій [1]. Педобіонти і фізико-хімічні процеси вважаються як основні фактори структуроутворення ґрунту [2]. Завдяки розпушенню та перемішуванню шарів ґрунту посилюється водопроникність, аерація, покращуються умови для проростання коренів рослин. Екскременти (копроліти) черв'яків збагачуються аміаком, що продукується стінками кишківника, а виконані черв'яками ходи - аміаком,

що виділяється зі слизом з поверхні тіла [3]. Від агрегатної структури ґрунту залежить ряд важливих екологічних функцій, родючість, протиерозійний потенціал та депонування органічного вуглецю. Під впливом антропогенного навантаження порушується агрегатна структура ґрунту, отже, знижується інтенсивність процесів ґрунтоутворення. Дошові черв'яки мають велике значення у зоологічній діагностиці стану ґрунтів. Значною перевагою цього методу є швидкість реакції організмів на зміни умов існування [4]. Для точної зоологічної діагностики різних типів ґрунтів необхідно спиратися на аналіз комплексів видів. Більшість видів ґрунтових безхребетних не мають чіткої приуроченості до конкретного типу ґрунтів і досить поширені. Для типів ґрунтів специфічними є не окремі види, а їх комбінації, чи плеяди. Такі плеяди видів дозволяють досить точно діагностувати тип ґрунтового процесу [5]. Екологічне розмаїття педобіонтів можна кількісно оцінити на основі принципів екоморфічного аналізу О.Л. Бельгарда (1950) та системи біоморф М.П. Акімова (1948) [6]. Характерним для певного типу ґрунтів є сумарна чисельність мезофауни та чисельність окремих груп безхребетних [7].

Вищезазначений матеріал надає нам можливість стверджувати, що актуальним залишається питання дослідження закономірностей просторової мінливості ґрунтів заповідної території.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами. Дисертаційна робота виконана в 2021–2024 рр. у руслі наукової програми кафедри ботаніки та садово-паркового господарства Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького як частина державних науково-дослідних тем: «Біологічні системи природних та антропогенних територій півдня України (сучасний стан, управління та оптимізація)» (ДР № 0119U101383, 2019–2021 рр.), «Біологічне різноманіття як фактор стійкості екосистем Приазовського регіону в умовах глобальних змін клімату та антропогенного впливу» (затверджена на Вченій раді факультету, протокол № 8 від 19.04.2022 р.).

Мета дослідження. Встановити закономірності мінливості морфологічної структури ґрунтів природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» та оцінити роль різноманіття ґрунтового покриву як фактору структурної та функціональної стійкості екосистем заповідної території.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити ґрунтовий покрив у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський»;
- створити ґрунтову карту заповідника на основі точкових даних;
- визначити класифікаційне положення ґрунтів долини річки Дніпро (у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський») за міжнародною класифікацією WRB та роль четвертинних відкладів у формуванні різноманіття ґрунтів долини;
- встановити видовий склад дощових черв'яків у досліджуваних екосистемах;
- визначити залежність між агрегатною структурою і чисельністю дощових черв'яків.

Об'єкт дослідження. Ґрунти та ґрунтова біота природного заповідника «Дніпровсько-Орільський».

Предмет дослідження. Закономірності просторової мінливості ґрунтів природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» та роль дощових черв'яків у формуванні фізичних властивостей ґрунтів.

Методи дослідження: дослідження проводили на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський», Україна. Було закладено 20 розрізів. Вимірювання властивостей ґрунтів проводили на 20 полігонах на кожному з яких закладено 105 точок, які були розміщені за регулярною сіткою. Точки розташовані в центрі квадратів розміром 3×3 метри, в межах яких проводилась рельєфна розбивка. Вимірювання опору проникнення в ґрунт проводили в польових умовах за допомогою ручного пенетромтра Eijkelkamp, на глибину 100 см з інтервалом 5 см. Середня похибка

результатів вимірювань приладу становить $\pm 8\%$. Вимірювання проводилися конусом з поперечним перерізом 1 см^2 . У кожній точці вимірювання опору проникнення в ґрунт виконувалося тільки в одній повторності. Агрегатний склад визначали методом сухого розсіву на системі сит. Дослідження морфології ґрунтового профілю виконано відповідно до рекомендацій з польового опису ґрунтів FAO. Генетичний тип ґрунтового профілю визначали за Розановим. Класифікацію ґрунтів проводили згідно з робочою групою IUSS WRB. Класифікаційна позиція за WRB - Fluvis Gleysol (Arenic, Ochric).

Видові списки судинних рослин були записані для кожної точки відбору проб розміром $3 \times 3 \text{ м}$, разом з візуальною оцінкою проективного покриття за шкалою Брауна-Бланке (Braun-Blanquet). Проективне покриття видів рослин вимірювалося на рівні ґрунту, підстилки (висотою до 2 м) та намети (висотою понад 2 м). Таксономічні назви рослин наведено відповідно до ресурсу Euro+Med Plantbase (<http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed>). Фітоіндикація екологічних факторів навколишнього середовища проводили за Я.П. Дідухом. Геостатистичні методи та оцінка моделей реакції тварин на основі факторів навколишнього середовища.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше

- досліджений ґрунтовий покрив у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський»;
- встановлено класифікаційне положення ґрунтів долини річки Дніпро (у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський»);
- з'ясована роль четвертинних відкладів у формуванні різноманіття ґрунтів долини;
- обґрунтована залежність між агрегатною структурою і чисельністю дощових черв'яків.

Удосконалено та доповнено:

- відомості про показники видового різноманіття угруповань *Lumbricidae*;
- роль едафічних чинників (електропровідність, вологість, щільність, агрегатний склад) та значення рослинного покриву на просторову організацію *Lumbricidae*.

Набула подальшого розвитку:

- концепція екологічної ніші Дж. Хатчинсона [8] і методи їх кількісної оцінки.

Практичне значення отриманих результатів.

Отримані результати можуть бути застосовані для розробки заходів з охорони біорізноманіття в межах природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Результати роботи щодо агрегатної структури ґрунту як маркера екологічних ніш *Lumbricidae* у природних ґрунтах можуть використовуватися в процесі збереження та управління біорізноманіттям в ґрунтових екосистемах, а також для екологічної оцінки змін у ґрунтового середовищі.

Основні теоретичні положення й матеріали дисертації застосовуються при викладанні дисциплін «Екологія рослин та тварин», «Ґрунтознавство» «Зоологія безхребетних», «Навчальна практика по зоології», «Методи моделювання екологічних систем», «Основи геоботаніки та фітоценології», «Біоіндикація» у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького.

Особистий внесок здобувача. Автор дисертації розробляв структуру роботи, аналізував сучасну вітчизняну та зарубіжну наукову літературу, брала участь у зборі польових матеріалів. Виконувала обробку та аналіз отриманих даних, складала таблиці та схеми. Брала участь у підготовці та обробці матеріалів до друку в міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційного дослідження доповідались і обговорювалися на щорічних засіданнях кафедри

ботаніки і садово-паркового господарства; на веб-тренінгу в рамках освітнього проєкту «EcoMining: Development of Integrated PhD Program for Sustainable Mining & Environmental Activities» (Dnipro, September 6-10, 2021); на VIII міжнародній науково-практичній конференції «Science and practice, actual problems, innovations» (Амстердам, 9-12 листопада, 2021р.); на міжнародній науково-практичній інтернет-конференція «Водно-болотні угіддя: сучасний стан та перспективи розвитку» (Мелітополь, 2 лютого, 2022р.); “Advanced course in EU environmental safety and climate policy” with the support of EU within the framework of Erasmus+ Programme Jean Monnet Chair «EU Climate Leadership» 620031-EPP-1- 2020-1-UA-EPPJMO-CHAIR (Суми, 22.02.2022 – 31.05.2022); на 3rd International Conference on Sustainable Futures: environmental, technological, social and economic matters (Kryvyi Rih, May 24-27, 2022); на 4rd International Conference on Sustainable Futures: environmental, technological, social and economic matters (Kryvyi Rih, May 23-26, 2023).

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 13 наукових працях, із них 7 – у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 4 – матеріали наукових конференцій, 2 – що додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на сторінках 163 комп’ютерного тексту й складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота містить 9 таблиць і 22 рисунки. Список літературних посилань містить 294 джерела.

РОЗДІЛ 1. ҐРУНТ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

1.1. Рельєф і його вплив на ґрунтовий покрив

Заплавні ландшафти є найбільш продуктивними наземними екосистемами у світі і відіграють ключову роль в екологічних процесах на різних ієрархічних рівнях [9]. Заплавні та терасові екосистеми зазнають інтенсивного антропогенного тиску в усьому світі [10], що робить їх одними з найбільш загрозливими екосистемами [11]. Прибережні ліси та ґрунти дуже чутливі до глобальних змін клімату [12] та антропогенного тиску [13]. Заплавні екосистеми залежать від циклічних впливів, які сформувалися від динаміки річок, традиційного господарювання та діяльності травоядних тварин. Однак вони демонструють значну деградацію внаслідок зміни клімату, вторгнення екзотичних видів, зарегулювання стоку річок, фрагментації ландшафтів та евтрофікації [14]. Будівництво гребель на річках та створення водосховищ спричиняє зміну гідрологічного режиму всієї річкової долини [15], що впливає на стан екосистем і може призвести до їх деградації [16]. Будівництво гребель на Дніпровському каскаді повністю змінило режим річки. До будівництва гребель річкова система Дніпра була непорушеним руслом з піщаним дном, але під дією антропогенного впливу річка перетворилася з флювіальної на анастомозуючу річкову систему [17]. Це стало можливим завдяки рифтам, де концентрація рослинності на дрібнозернистих відкладах створювала проміжні ділянки та острови. В ході роботи гідротехнічної системи, яка характеризується частими штучними, короткочасними потоками, внаслідок цього канали порізані та звужені. Проміжний простір поділений на острови. Після переходу на проточну експлуатацію, острови знову почали зливатися у проміжних зонах.

Це було пов'язано з посиленням ерозійних процесів як у головному, так і в бічних руслах. Зміни режиму стоку та процесів седиментації в річковій

долині змінили природну еволюцію річкової системи Дніпра [18]. Усунення паводків та зниження рівня ґрунтових вод дозволяють глибше проникати корінню рослин, ґрунтовій фауні та мікроорганізмам, а також створювати більш сприятливі умови для сільськогосподарського використання ґрунтів [19]. Трансформація морфології та властивостей сільськогосподарських алювіальних ґрунтів в Європі вже детально описана [20], тоді як дослідження в лісових територіях були зосереджені в основному на фітосоціологічній трансформації рослинних угруповань та змінах продуктивності деревостанів [21]. Тим часом, правильне розпізнання явищ, що відбуваються у всіх компонентах лісового середовища є основою для раціонального, екологічно-орієнтованого планування сталого, довгострокового ведення господарства та охорони природи [21].

Велике різноманіття видів рослин і тварин знаходиться в заплавах лісах, де вони знаходять відповідне середовище існування та ресурси [22]. Заплави та річкові тераси активно використовуються людиною і мають важливе господарське значення [23]. Структура заправ і терас у річковій долині значною мірою залежить від кліматичних режимів, але й екосистеми долини відіграють важливу роль у пом'якшенні негативних наслідків глобальної зміни клімату [24]. Алювіальні ґрунти мають велике значення для сільського та лісового господарства завдяки особливому розташуванню в долинах річок, умов зволоження та високою потенційною продуктивністю [25]. Формування структури алювіальних ґрунтів є фундаментальним процесом у природних заплавах [26]. Ґрунти в заплавах і на прибережних землях знаходяться під значним впливом прилеглої річки. Ці ґрунти зазвичай називають алювіальними, оскільки їх фізичні, морфологічні, хімічні та мінералогічні властивості формуються під впливом алювіального материнського матеріалу, що надходить з річки. Еволюція алювіальних ґрунтів сильно залежить від режиму стоку [27]. Ґрунти в річкових долинах найбільш схильні до впливу річних гідрологічних тенденцій [28]. Вони формуються річковим транспортом, алювіальним відкладенням, динамікою

поверхневих і підземних вод [29]. Зміна землекористування та створення гребель є значними антропогенними факторами, що впливають на надходження наносів до річок. Основним регулятором цих процесів є стан зволоження ґрунтового покриву в долинних ландшафтах [30]. Перенесення та відкладення наносів є важливими процесами для генезису алювіальних ґрунтів [31]. Процес флювіальної седиментації є дуже динамічним і нерегулярним явищем у просторі та часі, що призводить до великомасштабних варіацій текстурного складу у вертикальних і горизонтальних параметрах ґрунтового профілю [32]. Одними з найважливіших факторів мінливості долинних екосистем є ґрунти, які складаються з просторово і вертикально диференційованих алювіальних відкладів [33]. Умови седиментації можуть значно змінюватися з часом, тому шаруватість є основною особливістю заплавної ґрунтів, що впливає на їх фізичні, хімічні та водні властивості, а також на продуктивність алювіальних ґрунтів [34]. Крім того, чергування шарів осадових порід і ґрунтових горизонтів у ґрунтових профілях на надзаплавних терас демонструють чергування стійких періодів з виразним педогенезом і нестійких геоморфологічно активних періодів, протягом яких накопичувалися свіжі алювіальні шари [35]. Алювіальні ґрунти часто включають генетично молоді відклади багатих на матеріали, що вивітрюються. Послідовність горизонтів у ґрунтовому профілі на певній ділянці є результатом седиментації та педогенезу. Ці два процеси перетинаються, але успадкування часто переважає [36].

Алювіальні ґрунти, як правило, відносяться до групи еталонних ґрунтів Fluvisols у Всесвітній довідковій базі ґрунтових ресурсів. Ґрунти в заплавної або долинній зоні, які піддаються впливу ґрунтових вод і мають типові глейові властивості, також можуть бути віднесені до глейових ґрунтів [37]. Глейсолі зазвичай розташовані низько в ландшафті з високим рівнем ґрунтових вод [38]. Широкий спектр неуцілених відкладів у ландшафті забезпечує материнський матеріал, на якому Глейсолі можуть утворюватися

[39]. Алювіальні ґрунти забезпечують розуміння історичної та поточної динаміки річок та структури екосистем завдяки своїй специфічній морфології [26]. Стратифіковані алювіальні ґрунти, які часто включають поховані верхні ґрунтові горизонти, також важливі для реконструкції природних змін довкілля та антропогенних впливів на ландшафт [25]. Рівень ґрунтових вод на терасах знаходиться в динамічній рівновазі з рівнем води в річці. Взаємодія між річками та підземними водами у флювіальних системах суттєво впливає на екологічні структури та функції [40].

Середній рівень ґрунтових вод визначає загальний вміст вологи в долині. Видове різноманіття, надземна біомаса, проективне покриття, висота угруповання, прогнозований листковий покрив та індекс листкової поверхні значно зменшуються зі збільшенням глибини залягання ґрунтових вод. Глибина залягання ґрунтових вод мало більш вагоме значення для пояснення варіації рослинності, ніж властивості ґрунту (об'ємна маса ґрунту) та рН ґрунту [41]. Ґрунти річкових терас, як правило, пов'язані з вищим рівнем ґрунтових вод, ніж сусідні ґрунти на більш високих ділянках за межами річкової долини [42]. Абіотичні та біотичні фактори ґрунту відіграють ключову роль у динаміці заплавних рослинних угруповань. Періодичні паводки також важливі для функціонування долинних екосистем, оскільки вони безпосередньо впливають на вологість верхніх шарів ґрунту, що призводить до того, що ґрунти в природно-функціонуючих долинах зберігають відносно високу вологість як у верхніх, так і в нижніх горизонтах ґрунту навіть у посушливі періоди [43]. Повені підвищують вміст поживних речовин у ґрунтах [44], що призводить до формування специфічного флористичного складу та підвищує потенційну сільськогосподарську цінність [45]. Спочатку великі площі алювіальних ґрунтів на надзаплавних терасах були вкриті заплавними лісами [46], які зараз перебувають під загрозою зникнення у Європі [22].

Алювіальні ґрунти відіграють вирішальну роль у функціонуванні багатьох природних та напівприродних екосистем, що охороняються в

річкових долинах [25]. Річна та сезонна динаміка гідрологічних процесів, специфіка мікроклімату, екологічні взаємовідносини з абіотичними та біотичними елементами навколишнього середовища зумовлюють особливу різноманітність і динаміку біотопів річкових долин [47]. Стабільна структура ґрунту важлива для багатьох екосистемних функцій і допомагає запобігти ерозії берегової лінії. Різноманітність біотопів впливає на рослинні угруповання, які відображають зональність екологічних режимів долини, а також піддаються сукцесійним процесам інтенсифікованих антропогенною діяльністю. Просторовий розподіл заплавних лісів в основному залежить від просторової неоднорідності властивостей ґрунту, таких як вологість, насипна щільність та гранулометричний склад ґрунту. На часові зміни рослинності впливали як просторова неоднорідність ґрунтового покриву, так і вологість та гранулометричний склад ґрунту, так і, меншою мірою, часові зміни в наявності води [48]. Деградація заплавних лісів значно зменшує вміст вуглецю, фосфору, катіонний обмін ґрунту, вміст мулу, загальну пористість і вологість, а також швидкість інфільтрації води [49].

Ґрунт відіграє вирішальну роль у функціонуванні екосистем і забезпеченні екосистемних послуг. З точки зору екосистемних послуг, мало уваги приділяється ґрунтовому покриву [50]. Ґрунти заплав і надзаплавних терас виконують важливі функції у забезпеченні якості води в річках [51]. Роль заплавних ґрунтів у цих процесах досить добре вивчена [52], тоді як ґрунтам надзаплавних терас привертають значно менше уваги, що не можна вважати виправданим. Дослідження ґрунтового покриву відсутні в переважній більшості робіт з оцінки екосистемних послуг. Однак, врахування ґрунтово-екосистемних зв'язків в управлінні земельними ресурсами є важливим для оцінки екосистемних послуг ґрунту [53]. Заплави забезпечують широкий спектр екосистемних послуг, для яких ґрунти та їх функціональні властивості відіграють важливу роль [54].

Перша надзаплавна тераса річок Східної Європи представлена піщаними відкладами алювіального та еолового походження [55]. Піщані

грунти виконують роль ландшафтного фільтра, завдяки цьому річки отримують підживлення з підземних вод, які очищаються проходження через піщані ґрунти надзапавної тераси [56]. Висока фільтраційна здатність піщаних ґрунтів є причиною того, що річки постійно забезпечені водою, навіть влітку, коли кількість опадів значно зменшується на фоні підвищеного випаровування води як з відкритої водної поверхні, так і через поверхню ґрунту [57]. Специфічні теплові властивості піщаних ґрунтів створюють умови для утворення конденсаційної вологи, яка також може бути джерелом додаткового водопостачання річок [58]. З іншого боку, піщані ґрунти дуже чутливі до вітрової ерозії, і стан рослинного покриву, а також генетичні особливості ґрунтів впливають на ризики вітрової ерозії та швидкість надходження наносів до річкових вод.

Заплави річок є осередками видового різноманіття, тому заповідні території поширені в заплавах біотопах [59]. Однак, природоохоронні стратегії не приділяють достатньої уваги ґрунтам, від яких залежить функціональна стабільність як окремих екосистем, так і ландшафтних ланцюгів в цілому. Морфологія ґрунту надає структурну та функціональну інформацію про заплавні екосистеми. Просторова та часова неоднорідність морфології ґрунту є економічно ефективним екологічним індикатором, який можна легко інтегрувати в протоколи швидкої оцінки для проєктів відновлення заплавах та річкових екосистем [60].

1.2. Екологічні умови ґрунтової біоти

Ґрунт є унікальним середовищем існування живих організмів [61]. Ґрунт являє собою полідисперсне поєднання трьох фаз: рідкої, твердої і газоподібної. Просторово-часова організація цих фаз становить агрегатну структуру ґрунту. Агрегатний склад ґрунту формує екологічний простір, в якому існує велике розмаїття форм живих організмів [62]. У свою чергу, живі організми впливають на ґрунт, що відображається у змінах його агрегатного

складу [63]. Дощові черв'яки відіграють важливу роль у контролі динаміки ґрунтової структури [64]. Трофічна та риюча діяльність дощових черв'яків значною мірою впливає на фізичне середовище, в якому вони мешкають, на динаміку ґрунтової структури і відповідне регулювання екологічних функцій ґрунту та екосистемних послуг [65].

Агрегатна структура ґрунту контролює утримання води [66,67] та інфільтрацію [68]. Розподіл агрегатних фракцій за розмірами суттєво впливає на потік газів [69]. Значення органічної речовини у формуванні ґрунтових агрегатів – велике [70,71]. Оптимальна агрегатна структура є умовою для зберігання органічної речовини в ґрунті [72]. Агрегатний склад регулює динаміку поживних речовин у ґрунті. Руйнування агрегатної структури призводить до відкриття спочатку недоступних ділянок всередині агрегатів для дії ґрунтових мікроорганізмів, що стимулює кругообіг поживних речовин [73]. Мікробна трофічна структура залежить від текстури ґрунту та придатного для життя порового простору, що визначає потік енергії в наземних екосистемах [74]. Коріння рослин впливає на структуру ґрунту, а структура ґрунту впливає на коріння через регулювання кореневого водопоглинання. Коріння може зменшувати середній розмір ґрунтового агрегату, коли він росте серед великих ґрунтових педів, але також може збільшити розмір агрегату, якщо агрегати спочатку невеликі [75]. Агрегатний склад визначає стійкість ґрунту до водної та вітрової ерозії [76].

Агрегатний склад формує шпаровий простір ґрунту. Існує значна кореляція між середнім розміром агрегатів і середнім розміром шпар у ґрунті [77]. Розмірні категорії ґрунтових тварин розрізняють за їх відношенням до найбільш типових умов у ґрунті, які залежать від розміру ґрунтових шпар [78]. Доступний об'єм ґрунтових шпар визначає біомасу бактерій та їх споживачів серед тварин [79]. Дрібні ґрунтові тварини, такі як найпростіші, є фактично - гідробіонтами, оскільки живуть у плівках води, які майже завжди покривають частинки ґрунту. Мезофауна населяє систему ґрунтових тріщин і має менші розміри, ніж ґрунтові пори. Макрофауна ґрунту більша за

більшість ґрунтових шпар і тому вони повинні активно створювати ґрунтові тунелі для пересування, або використовувати тунелі, створені іншими ґрунтовими тваринами, або порожнини, які залишаються після розкладання коріння рослин [80]. Покриви більшості ґрунтових тварин не захищають їх від випаровування води, тому середовище, в якому вони живуть, повинно мати 100% вологість. Також ґрунтовим тваринам потрібен кисень для активної життєдіяльності. Якщо врахувати те значення, яке має агрегатний склад для формування простору шпар, водного режиму і газообміну, то значущість співвідношення розмірів агрегатних фракцій у формуванні умов життя ґрунтових тварин стає зрозумілим [81].

Зона впливу або об'єм ґрунту, на який впливають дощові черв'яки, називається дрілософерою [82,83]. Біотурбатори впливають на структуру ґрунту, утворюючи систему нір і переміщуючи ґрунтові агрегати не змінюючи при цьому їх внутрішньої організації [63]. Галереї утворюються дощовими черв'яками, які рухаються в ґрунті і створюють великі мережі, які займають значний об'єм ґрунту [64,84,85]. Ці великі макропори мають вирішальне значення для регулювання інфільтрації води, дифузії розчинників [86,87], газообміну та аерації через ґрунт [88,89]. Нори дощових черв'яків впливають на просторовий розподіл коріння рослин [90]. Взаємодія між корінням рослин є двосторонньою: коріння рослин має тенденцію визначати розподіл нір дощових черв'яків, а деякі корені рослин мають тенденцію слідувати за норами [91]. Реорганізатори ґрунтових агрегатів здатні змінювати структуру ґрунту як шляхом створення галереї, так і шляхом споживання ґрунтових агрегатів, які називаються біогенними агрегатами [92]. Більшість видів дощових черв'яків належать до цієї групи [93]. Ця група характеризується здатністю змінювати внутрішню організацію ґрунтових агрегатів. Кількість ґрунтових агрегатів, створених «інженерами-ґрунтознавцями», важко оцінити [94]. Копроліти дощових черв'яків можуть становити значну частину ґрунтових агрегатів на поверхні ґрунту або навіть цілий ґрунтовий горизонт [95].

Діяльність дощових черв'яків має важливе значення для довгострокової стабілізації органічної речовини в ґрунтах [96]. Реорганізація ґрунтових агрегатів дощовими черв'яками дуже важлива і призводить до зовсім інших фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту [97]. Це відбувається тоді, коли попередньо існуюча мікроструктура ґрунтового агрегату повністю руйнується в передгрудку [98]. Потім, під час просування по кишечнику, глинисті мінерали та органічні матеріали тісно перемішуються і покриваються слизом, створюючи нове ядро для формування мікроагрегатів [99,100]. У копролітах, що виділяються, процеси сушіння та старіння сприяють зміцненню зв'язків між органічними матеріалами, слизом і мінералами для стабілізації новоутворених мікроагрегатів [96]. Дощові черв'яки також можуть сортувати і збагачувати ґрунтові агрегати за вмістом органічної речовини та вмістом гумусу, що сприяє зміцненню ґрунтових агрегатів [101].

1.3. Діяльність ґрунтової макрофауни

Основними складовими антропогенного навантаження у великих промислових містах є хімічне [102], теплове забруднення [103], світлове забруднення [104], фрагментація біотопів [105], вторгнення інтродуцентів [106], та рекреація [107]. Рекреація призводить до механічного порушення ґрунту [108] та рослинного покриву [109], а також до ущільнення та евтрофікації ґрунту [110,111]. Міські парки є місцями інтенсивної рекреації [112,113], а також виконують важливі екосистемні послуги в міському середовищі [114]. Екосистемні послуги включають очищення води та повітря, зменшення вітру та шуму, поглинання вуглецю, регулювання мікроклімату, середовище існування диких тварин, а також соціальне та психологічне благополуччя [115]. Багато з цих екосистемних послуг залежать від стану та функціонування ґрунтового покриву паркових насаджень [116].

Ґрунтові тварини беруть участь у багатьох пов'язаних з ґрунтом екосистемних послуг [117–119]. Ґрунтові тварини сприяють живленню рослин, кругообігу вуглецю, детоксикації та якості ґрунту [120,121]. Окрім цього, екосистемні послуги ґрунту в антропогенних ландшафтах можуть бути визначені за допомогою ґрунтової макрофауни [122]. Продуктивність екосистем залежить від водопостачання, яке є функцією інфільтрації та накопичення води в системах ґрунтових пор.

Ґрунтові тварини створюють систему стійких ґрунтових каналів і формують ґрунтові агрегати, які забезпечують ґрунтову інфільтрацію [123], [124]. Ці тварини беруть участь у процесі кругообігу поживних речовин [125] і відіграють важливу роль у розкладанні та гуміфікації органічних речовин [126]. Урбанізація має як позитивний, так і негативний вплив на харчову активність ґрунтових сапрофагів, тоді як рекреаційне навантаження має негативний вплив на цю харчову активність [127]. Педотурбація, відкладення копролітів на поверхні ґрунту, відбір ґрунтових частинок та утворення водостійких агрегатів відбуваються під час зоогенного педогенезу [128]. Урбаністичні екологічні навантаження зумовлюють особливу динаміку ґрунтового біорізноманіття в міських насадженнях і можуть перешкоджати кругообігу поживних речовин та потоку енергії в цих екосистемах [129].

Біорізноманіття природних екосистем має важливе значення для підтримання екосистемних послуг [130]. Зменшення біорізноманіття суттєво знижує низку екосистемних послуг, змінюючи функціонування та стабільність екосистем, особливо у великих часових і просторових масштабах [131]. Значна кількість експериментів свідчить про позитивний вплив біорізноманіття на функціонування екосистем [132]. Однак цей результат потребує підтвердження для міських екосистем [133]. Взаємозв'язок між біорізноманіттям міських екосистем та екосистемними послугами залежить від складу видів у міських угрупованнях, функціональних особливостей або структур. Значення певного індикатора біорізноманіття менше корелює з функціями екосистеми [134]. Підтримка

екосистемних послуг у містах можлива за умови мінімізації втрат біорізноманіття при плануванні розширення міст [133].

Успіх екосистемних послуг парку зумовлений ефективною структурою управління [114]. Управління міськими парками розглядається як інструмент для досягнення цілей соціальної взаємодії [135]. Екосистемна цінність екосистемних послуг міських парків стає важливою цільовою функцією управління міськими зеленими насадженнями [136]. Гармонізація рекреаційної функції та максимізація екологічних переваг є важливим викликом в управлінні парками [137,138], а реконструкція є важливим інструментом управління парком [139].

Часова динаміка властивостей ґрунтів міських парків зумовлена як природними процесами [140], так і керованими людиною процесами, такими як управління зеленими насадженнями та реконструкція парків [141]. Якість ґрунту є основною метою в управлінні міськими парками [142], а трансформація структури рослинності вважається найбільш важливим результатом реконструкції парку [143]. Дійсно, інтенсивна реконструкція може покращити хімічні властивості ґрунтів [144]. Інформація про просторовий розподіл ключових властивостей ґрунту (кислотність, вміст органічного вуглецю та поживних речовин) може бути використана для прогнозування потенційного ґрунтового покриву [145]. Забезпечення якісного ґрунту є важливим для сприяння росту рослин у міських парках і створення екологічно-сталого міського ландшафту [146].

Таким чином, діяльність ґрунтової макрофауни є найважливішим фактором, що забезпечує ключові екосистемні послуги міських ґрунтів. Недостатньо уваги приділено виявленню змін біорізноманіття угруповань ґрунтової макрофауни, які є важливими учасниками процесів натуралізації ґрунтів та мають пролонгований вплив на динаміку якості міських ґрунтів, при оцінці результатів реконструкції парків. Також стан ґрунтової макрофауни є надійним індикатором властивостей та режимів ґрунту.

РОЗДІЛ 2.

МАТЕРАЛІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Територія дослідження

Дослідження проводили на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський», Україна (рисунок 2.1). Було закладено 20 розрізів. Вимірювання властивостей ґрунтів проводили на 20 полігонах на кожному з яких закладено 105 точок, які були розміщені за регулярною сіткою. Точки розташовані в центрі квадратів розміром 3×3 метри, в межах яких проводилась рельєфна розбивка [147]. Квадрати прилягають один до одного, утворюючи багатокутник. На протилежних кутах багатокутника були розміщені місця, де були закладені вертикальні ґрунтові розрізи.

Рельєф

Сучасний рельєф заповідника дуже мозаїчний. Заплава Дніпра сформована шляхом розчленування, а звивистість русла майже не розвинена [148]. Генетичні зони сучасної заплави, що утворилися в результаті руслової фуркації, накладаються на генетичні зони, що пов'язані зі ступенем віддалення від основного русла, тобто з ослабленням інтенсивності алювіального процесу [149]. Геоморфологічна будова долини Дніпра ускладнена геологічною активністю лівих приток Дніпра – річок Оріль та Протока. Остання наразі являє собою сукупність стародавніх озер [150]. Четвертинні породи долини представлені озерними, озерно-болотними, алювіальними, алювіально-дилювіальними та еоловими породами [151]. Рельєф території заповідника представлений алювіальними формами Придніпровської низовини. На території заповідника є три тераси. Найнижче положення по відношенню до рівня моря займає добре розвинена надзаплавна тераса, пересічена з різних напрямків численними протоками, усіяна озерами та болотами. Надзаплавна тераса простягається вздовж Дніпра на 16 км у межах заповідника. У своїй найширшій частині, на

Таромському виступі, вона сягає 2 км, а на Миколаївському виступі, сягає 1 км [152]. Заплава в сучасному рельєфі заповідника відповідає першій та другій геоструктурним терасам Дніпра. Перша геоструктурна тераса, завдяки низькому гіпсометричному положенню (+48...+50 метрів над рівнем моря), була повністю затоплена водами Дніпра і представлена фрагментами в сучасному гирлі річки Протока. Більша частина сучасної заплави розташована на другій геоструктурній терасі, поверхня якої знаходиться на позначці +50...+55 метрів над рівнем моря. Заплава представлена багат шаровим сучасним алювієм. Нижні шари алювію представлені русловою фацією, що утворилася в результаті седиментації під час падіння рівня води. У заплаві є численні озера, деякі з них перетворилися на болота і порізані мережею звивистих або серповидних ровами та канавами. Друга геоморфологічна тераса відповідає третій геоструктурній терасі з висотою від +55 до +65 метрів над рівнем моря. Це так звана арена. Арена являє собою великий підвищений масив алювіальних пісків, оброблений і значно ускладнений еоловими процесами, утворивши курганно-горбистий рельєф, характерний для Придніпров'я. Еолові процеси проявляються у розвіюванні та повторній суспензії алювіальних пісків у місцях, де відсутній ґрунтовий і рослинний покрив, переважно у північно-західній частині заповідника. Це призводить до утворення курганів висотою 4-6 метрів. Найвищі кургани розвинені на межі арени і заплави, біля озер Мала Хатка і Горбове, де алювіальні піщані пагорби піднімаються до 70 метрів над рівнем моря і здіймаються на висоту 18-19 метрів над заплавою. Еолові відклади представлені кварцовими світло-сірими та жовтими пісками. Потужність цих відкладів становить 12-14 м.

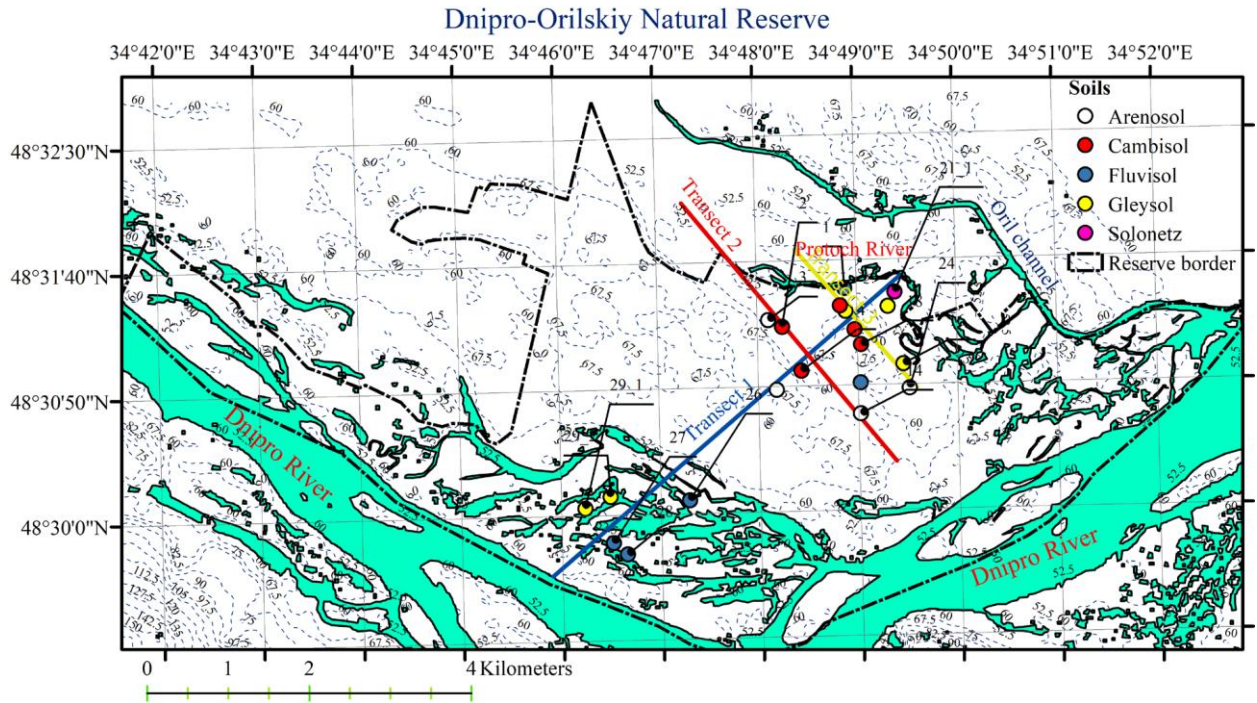


Рисунок 2.1. Розрізи, вздовж яких були закладені розрізи у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський» та еталонних груп ґрунтів WRB.

2.2. Опис морфології ґрунтів

Морфологія ґрунту була описана відповідно до FAO Guidelines [153]. Генетичний тип ґрунтового профілю визначали за Розановим [154]. Тип, форма та інтенсивність редоксиморфних ознак (плямистість та концентрація), а також структура та колір ґрунту у верхньому та підорному горизонтах ґрунту. Ґрунти були класифіковані відповідно до класифікації WRB [153]. Колір ґрунту (у вологому стані) визначали за допомогою кольорових шкал Munsell.

2.3. Опис рослинного покриву

Опис рослинності проводився на 20 полігонах, що склалися з 105 точок відбору проб (реперів). Точки були розташовані вздовж 7 трансект по 15 точок у кожній. Відстань між точками в трансекті, а також відстань між

трансектами становила 3 м. Сусідні точки відбору проб були розташовані в безпосередній близькості один від одного. Видові списки судинних рослин записані для кожної точки відбору проб розміром 3×3 м, разом з проективним покриттям за шкалою Брауна-Бланке (Braun-Blanquet) [155]. Проективне покриття видів рослин вимірювалося на рівні ґрунту, підстилки (висотою до 2 м) та намети (висотою понад 2 м). Сходи та саджанці деревних порід були згодом виключені з аналізу. Таксономічні назви рослин наведено відповідно до ресурсу Euro+Med Plantbase (<http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed>). Фітоіндикація екологічних факторів навколишнього середовища проводили за Я.П. Дідухом [156].

2.4. Вимірювання властивостей ґрунту

Вимірювання опору проникнення в ґрунт проводили в польових умовах за допомогою ручного пенетрометра Eijkelkamp, на глибину 100 см з інтервалом 5 см [157], [158]. Середня похибка результатів вимірювань приладу становить $\pm 8\%$. Вимірювання проводилися конусом з поперечним перерізом 1 см². У кожній точці вимірювання опору проникнення в ґрунт виконувалося тільки в одній повторності. Агрегатний склад визначали методом сухого розсіву на системі сит [159].

2.5. Розміщення ґрунтових профілів

Розрізи були розкопані в період з травня по вересень вздовж трьох трансект, які проходили через найбільш значні градієнти рельєфу на досліджуваній території (рисунок 2.1). Розріз 1 охоплював заплаву Дніпра та першу надзаплавну терасу (арену). Розріз 2 охоплював зону переходу надзаплавної тераси в заплаву річки Протока. Розріз 3 охоплював заплаву річки Протока.

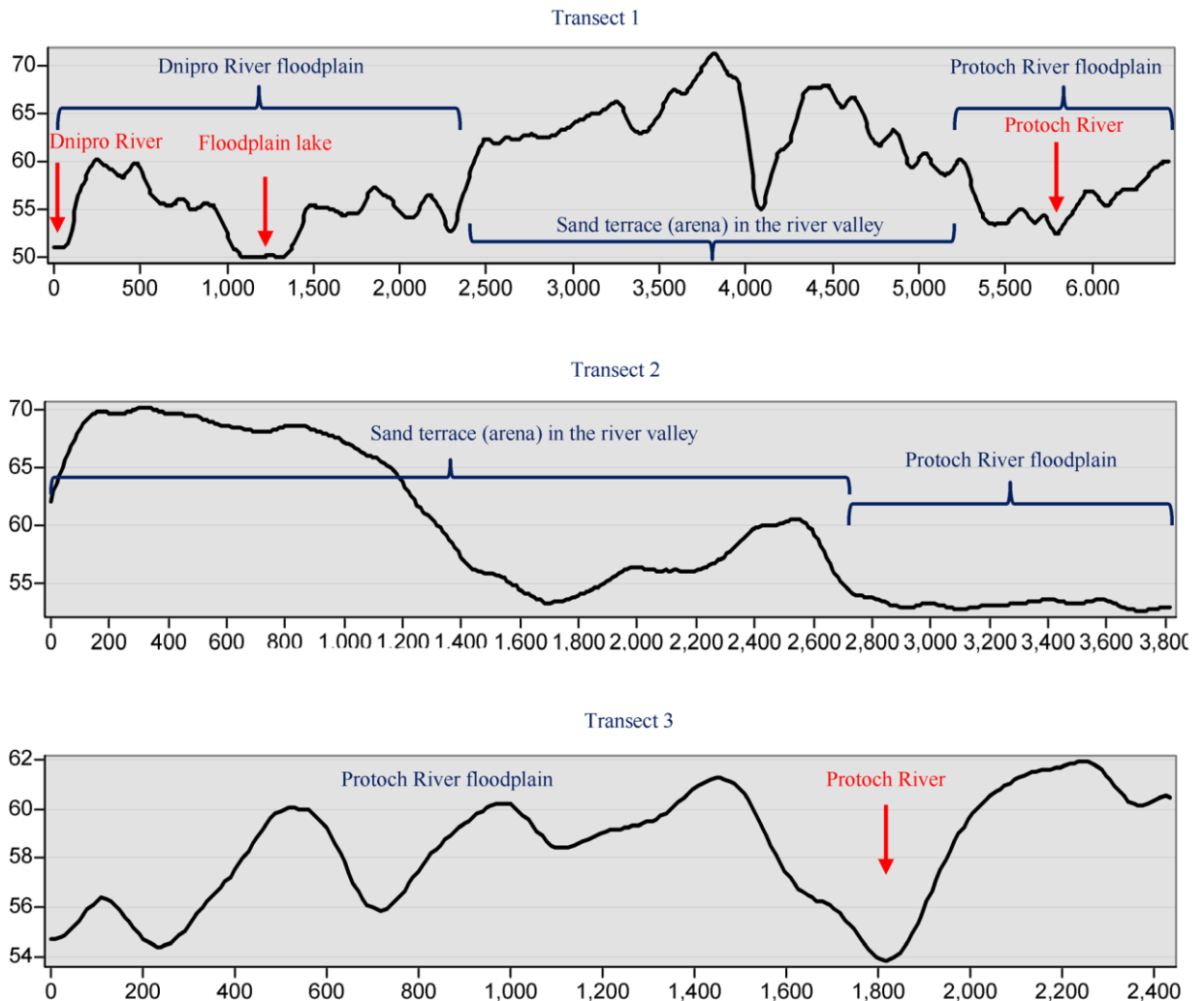


Рисунок 2.1. Зміна висоти рельєфу вздовж розрізу. По осі абсцис - відстань (м); по осі ординат - висота в метрах над рівнем моря.

Рівень ґрунтових вод визначався візуально в ґрунтових шурфах. Якщо ґрунтові води залягали нижче глибини ґрунтового котловану, то рівень оцінювався за висотою над мережею каналів. Висота над мережею каналів, або вертикальна відстань до мережі каналів (VDTCN) – це різниця між висотою місцевості та висотою мережі каналів [160]. Це надійний маркер рівня ґрунтових вод і може бути використаний для картографування ґрунтів [161]. Просторова база даних [162] була створена в програмі ArcGIS. Цифрова модель рельєфу (ЦМР) - це представлення земної поверхні в числовому форматі. Дані сучасного супутника дистанційного зондування Землі – ALOS (www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/index.htm) були використані для

створення цифрової моделі рельєфу. Просторова роздільна здатність для досліджуваної території становить 30 м, номінальна точність по вертикалі та номінальна точність по горизонталі - 5 м. За допомогою процедури кригінгу матриця висот була передискретизована до роздільної здатності 10 м [163–165]. Процедура кригінгу також дозволила отримати матрицю висот, придатну для розрахунку похідного шару - вертикальна відстань до мережі каналів (VDTCN) [166].

Профілі ґрунтів чисельно порівнювалися за властивостями за допомогою функції `profile_compare` з набору `agr` [167]. Профілі були класифіковані за кольором горизонтів ("hue", "value", "chroma"), товщиною горизонту та наявністю кваліфікатора (Eutric, Pantofluvic, Loamic, Protocalcic, Humic, Aeolic, Ochric, Arenic, Mollic, Calcic, Gleyic, Fluvic, Lamellic, Nechic, Thaptoochric), клас текстури за класифікацією USDA (FAO, 2006): S - пісок; gS - гравійний пісок (гравій); LS - суглинистий пісок; SL - супісок; L - суглинок; SiCL - мулиста глина; SiL - мулистий суглинок; SC - піщана глина; клас структури: gr - зерниста, sb - субкутова брилиста, ab - кутова брилиста, rg - призматичний, pl - пластинчастий, m - масивний, sg - однозернистий; а також підпорядковані ознаки в межах горизонтів: накопичення педогенетичних карбонатів (k), накопичення органічної речовини (h), педогенетичне накопичення солей більш розчинних, ніж гіпс (z), похований генетичний горизонт (b), конкреції (c), оглеєння (l), сильна редукція (r), ілювіальні скупчення силікатної глини (t). Ґрунтові горизонти A - це мінеральні горизонти, що сформувалися на поверхні. Горизонт B формується під горизонтом A і в якому домінуючими ознаками є руйнування всієї або більшої частини первісної структури гірської породи. Горизонт або прошарок C мало зачеплений педогенетичними процесами. Шар W - це шари води в ґрунтах або ґрунти, що занурюються у воду, постійно або циклічно в межах 24 годин. Для перехідних горизонтів в яких домінують властивості одного основного горизонту, але мають підпорядковані властивості іншого, використовуються дві великі літери, наприклад, AB, EB, BE і BC. Перехідні

горизонти, в яких окремі частини мають характерні властивості двох видів основних горизонтів, позначаються як вище, але дві великі літери відокремлюються вертикальною рисою (/), наприклад, A/C, B/C та A/B.

Матриця відстаней, отримана в результаті порівняння була проаналізована за допомогою неметричного багатовимірного масштабування (NMDS) з використанням пакету *vegan* [168]. Ґрунтові профілі були відсортовані за розмірами MDS1 та MDS2. Потім для кожного варіанту сортування була розрахована транзитна матриця, розраховувалася як для ґрунтових горизонтів, так і для кольорів ґрунтових горизонтів за допомогою функції *hzTransitionProbabilities* з пакету *aqr*. Було розраховано 1000 матриць переходів для профілів, які відсортовані випадковим чином. Перехід для моделей з довільним сортуванням за розмірностями порівнювалися з випадковими альтернативами за допомогою функції *as.randtest* з пакету *ade4* [169]. Статистично значущий перехід був представлений графічно лише для $p < 0.05$.

2.6. Статистичний аналіз

Як предиктори стану довкілля були використані фітоіндикаційні оцінки екологічних факторів, отримані на основі видового складу та проективного покриття трав'яного покриву, а також дані щодо кронового покриву дерев. Дані про щільність крон та проективне покриття трав'янистих рослин були перетворені: $\text{asin}((c_i)^{0.5})$, де c_i - проективне покриття І-го виду. Види, які зустрічалися в рельєфі щонайменше 10 разів, були відібрані для процедури ординації. Таких видів було 18. Ординацію рослинного угруповання виконано методом неметричного шкалювання [159] з використанням відстані Брея-Куртиса [170,171]. За критерієм зменшення навантаження, оптимальним виявився ординарний розподіл з чотирма вимірами [172]. Екологічні фактори були підлаштовані до числових розмірів за допомогою функції *envfit* пакету *vegan* [173]. Дані про опір проникнення для кожного шару ґрунту були

стандартизовані, після чого їх середнє значення було прирівняне до нуля, а сама величина представлена в одиницях середньоквадратичного відхилення. Матриця, що складається зі стандартизованих значень опору проникнення в ґрунт була проаналізована за допомогою методу аналізу надлишковості (RDA) [174,175]. На основі локальних координат точок відбору проб була згенерована матриця відстаней між точками. На основі матриці відстаней за допомогою функції `dbmem` з пакету `adespatial` [176] були обчислені карти власних векторів Морана [177]. Було вилучено 48 власних функцій `dbMEM`. Кожна з власних функцій `dbMEM` моделює просторовий шаблон з частотою, яка зростає пропорційно до порядкового номеру функції. Власні функції `dbMEM` були використані як предиктори у процедурі аналізу надлишковості стандартизованого опору проникнення в ґрунт даних. Пояснювальна сила предикторів в аналізі надлишковості була оцінена за допомогою функції `RsquareAdj2.rda` [178]. Скалограма була побудована шляхом оцінки R^2 для кожного просторового предиктора окремо. Розміри ординації рослинності також розглядалися як умовні предиктори.

РОЗДІЛ 3. ОПИС ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «ДНІПРОВСЬКО-ОРІЛЬСЬКИЙ»

3.1. Опис ґрунтів у межах заповідника

Ареносоли

Eutric Arenosol (Aeolic, Ochric) опис профілю зроблено 24 червня 2018 року (локація 3). Шурф був закладений на ділянці штучного лісового насадження Дніпровська річкова арена, Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Розріз був розташований на вирівняній ділянці на піщаному пагорбі біля балки Орлова. Рослинний покрив представлений штучним насадженням *Pinus sylvestris* L., у підстилці - *Robinia pseudoacacia* L., *Gleditsia triacanthos* L. Поверхня ґрунту була відносно рівною. Лісова підстилка з хвої товщиною 5-7 см, проективне покриття було 100%. Травостій має проективне покриття 5-10%. Ґрунтоутворююча порода - еолові піщані відклади. Розкритий рівень підземних вод не встановлений. Тріщини спостерігалися в гумусовому шарі, але не у нижніх шарах. Консистенція ґрунту була від пухкої до щільної. Генетичний тип профілю - недиференційований (примітивний).

O (7-0 см) - лісова підстилка, суха, ущільнена, добре відокремлена від ґрунту, має шарувату структуру. Перший шар утворений хвоєю та цілими листовими пластинками широколистяних порід, другим шаром була добре розкладена хвоя та листя, а нижній шар підстилки складався з тирси.

Ah1 (0-14 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Коричнево-сірий. Сухий. Супісок. Пилувато-зерниста структура. Шарувата, пухка консистенція, помірно або слабо переплетений кореневими системами трав'янистих рослин. Тріщини були переважно горизонтальними. Перехід різкий за кольором, композицією та насиченістю коренів.

Ah2 (14-22 см) - другий гумусово-акумулятивний. Був сірого кольору. Сухий. Супіщаний. Структура виражена слабо. Щільніший за попередній

горизонт, але легко кришиться під легким тиском. Виявлено коріння трав'янистих рослин і чагарників. Перехід різкий за кольором і композицією.

СА (22-34 см) - перехідний. Палевий з сірими або темно-сірими плямами. Сухий. Супісок. Безструктурний. Щільний, майже злитий. Наявні сліди гуміфікованих кореневих решток у горизонтальному напрямку. Виявлено поодинокі коріння рослин. Перехід був поступовим за кольором, хвилястим на 2-3 см.

С/А (34-87 см) - палевий з сірими або темно-сірими плямами, сухий, безструктурний супісок. Щільний, майже зв'язний. Наявні сліди гуміфікованих решток великих округлих коренів діаметром 5-7 см. Практично не виявлено коріння рослин. Перехід був поступовим за кольором і композицією.

С (87-140 см) - ґрунтоутворююча порода. Темно-палевий з сірими або темно-сірими плямами, свіжий пісок, пухкий, безструктурний. Подібний до попереднього горизонту, виявлено сліди гуміфікованих решток великих округлих коренів діаметром 5-7 см. Коріння практично відсутнє. Перехід був різким вздовж верхньої межі псевдоволокон.

St (140-155 см) - шар складається з тонких коричневих ущільнених прошарків (ламелей) товщиною 0,5-0,7 см, насичених сполуками заліза і глинистими частинками, що чергуються з прошарками жовтого піску. Вологий. Перехід був різким через відсутність ущільнених шарів.

С' (155-200 см) - світло-сірий пісок, вологий, пухкий.

Eutric Arenosol (Aeolic, Ochric, Thaptoochric)

Опис профілю зроблено 18 червня 2018 року (локація 5). Шурф зроблений на місці штучного лісового насадження Дніпровська річкова арена, Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Розріз був розташований на вирівняній ділянці на піщаному пагорбі біля балки Орлова. Рослинний покрив представлений штучною сосною плантацією, у підстилці - *Robinia pseudoacacia* L. та *Gleditsia triacanthos* L. Поверхня ґрунту була відносно рівною. На ній лісова підстилка з хвої товщиною 3-4 см, з

проективним покриттям 100%. Травостій має проективне покриття 5-10%. Ґрунтоутворюючою породою є еолові піщані відклади. Розкритий рівень підземних вод не встановлений. Текстура ґрунту варіюється від пухкої до щільної. Генетичний тип профілю - недиференційований (примітивний).

O (3-0 см) - лісова підстилка, суха, пухка, добре відокремлена від ґрунту. Поверхневий шар складався з хвої різного ступеня цілісності, нижній шар підстилки - з тирси.

Ah (0-8 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Світло-сірого кольору. Сухий. Піщаний. Пухкий, помірно або слабо переплетений з корневими системами трав'янистих рослин. Неагрегований. Перехід був різким за кольором, композицією та насиченістю коріння.

СА (8-25 см) - перехідний, світло-сірий, сухий, піщаний. Щільніший за попередній горизонт, але легко розсипається при натисканні. Виявлено коріння трав'янистих рослин і чагарників. Неструктурований. Перехід поступовий за кольором.

C (25-36 см) - ґрунтоутворююча порода. Колір палевий. Сухий. Піщаний. Щільний, але легко розсипається при легкому натисканні. Практично не виявлено коріння рослин. Безструктурний. Перехід за кольором поступовий, хвилястий на 2-3 см.

CAb (36-110 см) був першим заглибленим гумусовим горизонтом. Світло-сірий у верхній частині та сіро-блідий у нижній частині горизонту. Сухий пісок щільного складу. Незначний вміст коріння, спостерігалося кілька соснових коренів. Безструктурний. Перехід був поступовий за кольором і складом.

C' (110-134 см) - ґрунтоутворююча порода. Світло-палевий, свіжий, пухкий пісок. Перехід був різким з появою ущільнених шарів заліза.

St (134-141 см) - горизонт складається з тонких бурих ущільнених, залізистих, пластинчастих прошарків потужністю 0,5-0,7 см, що чергуються з прошарками світло-коричневого піску. Свіжий. Перехід був різким через відсутність ущільнених шарів.

C'' (141-181) - ґрунтоутворююча порода. Світло-палевий, свіжий, пухкий пісок.

CA'b (181-200 см) був другим залягаючим гумусовим горизонтом. Темно-сірий, свіжий, пухкий пісок. Перехід різкий за кольором.

C''' (200-210 см) - ґрунтоутворююча порода. Пісок сірий, вологий, пухкий.

Eutric Arenosol (Aeolic, Ochric, Thaptoochric)

Профіль описаний 10 жовтня 2018 року (локація 14). Шурф був розкопаний на ділянці псамофітного степу в Дніпровських плавнях, Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Розріз був розташований на вирівняній ділянці на вершині піщаного пагорба. Рослинний покрив являв собою зарості Татарського клена. Поверхня ґрунту була відносно рівною. Виявили підстилку з трав'янистих рослин та відмерлого листя кущів чорноплідної горобини, що росли поруч, товщиною 0,5-1,0 см, з проективним покриттям 50-60%. Травостій мав проективне покриття 5-10%. Ґрунтоутворююча порода - еолові піщані відклади. Розкритий рівень ґрунтових вод не встановлений. Склад ґрунту пухкий, шаруватий. Генетичний тип профілю недиференційований (примітивний).

O (1-0 см) - сухі залишки трав'янистих рослин, добре відокремлені від ґрунту. Добре розклалися листові пластинки опалого листя.

Ah (0-14 см) - поверхневий гумусово-аккумулятивний, дерновий. Темно-сірий. Сухий. Піщаний. Неагрегований. Пухкий, сильно переплетений кореневими системами трав'янистих рослин. Перехід різкий за кольором.

C1 (14-52 см) був ґрунтоутворюючою породою. Пісок жовтий, сухий, безструктурний, пухкий. Спостерігалася горизонтальна шаруватість. Незначний вміст коріння кущів. Перехід різкий за складом.

C2 (52-137 см) - ґрунтоутворююча порода. Пісок сіро-жовтого кольору, вологий, безструктурний, щільний. Присутня горизонтальна шаруватість. Перехід різкий за кольором.

CAb (137-145 см) - заглиблений перехідний горизонт. Темно-сірий, вологий, щільний. Пісок. Перехід різкий за кольором.

C'2 (145-200 см) - ґрунтоутворююча порода. Пісок був сіро-жовтий, вологий, щільний. Присутня горизонтальна шаруватість.

Eutric Lamellic Arenosol (Aeolic, Ochric)

Опис профілю зроблено 19 вересня 2017 року (локація 24). Ділянка псамофітного степу розташована у заплаві річки Дніпра, на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Розріз розташований на вирівняній ділянці між піщаними пагорбами. Рослинний покрив включає псамофітний степ, кілька соснових дерев та пагорб із заростями клена татарського. Поверхня ґрунту була відносно рівною. Навколо розташовувався шар відмерлих трав'янистих рослин та лісової підстилки, що складалася з хвої та листя кущів чорноплідної горобини товщиною 4-5 см, з проєктивним покриттям 100%. Травостій мав проєктивне покриття 5-10%. Ґрунтоутворюючою породою були еолові піски. Розкритий рівень ґрунтових вод не встановлений. Ґрунт щільного механічного складу. Генетичний тип профілю недиференційований (примітивний).

O (5-0 см) - тришарова лісова підстилка, суха, добре відокремлена від ґрунту.

Ah1 (0-12 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Світло-сірого кольору. Сухий. Піщаний. Неагрегований. Пухкий, помірно або слабо переплетений з кореневими системами трав'янистих рослин. Перехід поступовий за кольором.

Ah2 (12-20 см) - гумусово-акумулятивний. Світло-сірий з палевим відтінком. Сухий. Піщаний. Неагрегований. Пухкий. Насиченість корінням різко зменшується вниз по горизонту. Переважає гумусовий матеріал у вигляді вертикально орієнтованих шматочків. Перехід за кольором поступовий.

C/A (20-81 см) - перехідний. Світло-палеве забарвлення. Сухий. Був піском. Безструктурний, пухкий. Виявлено лише коріння сосни. На

загальному фоні виділяються світло-сірі плями неправильної форми розміром 5-7 см та плями гумусу діаметром 15-20 см. Перехід різкий, з появою ламелей.

St (81-100 см) - горизонт корінних порід, що містив тонкі коричневі ущільнені пластинки товщиною 0,5-0,7 см, що чергуються з прошарками світло-коричневого піску. Вологий. Перехід був різким через відсутність ламелей.

Cc (100-143 см) - ґрунтоутворююча порода. У верхній частині світло-палевий, у нижній - сірий з палевим відтінком. Піщаний, вологий, безструктурний. Наявні червонуваті та гумусові плями, перехід різкий за кольором.

C (143-200 см) - ґрунтоутворююча порода. Пісок був вологим, блідо-сірим, безструктурний.

Камбісолі

Eutric Cambisol (Humic, Loamic)

Опис профілю зроблено 11 вересня 2017 р. (локація 2), в урочищі "Орлова балка" природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Поверхня ґрунту відносно рівна, килимова, з лісовою підстилкою з нерозкладеного листя та проективним покриттям 90-100%. Травостій мав проективне покриття 15-20%, зустрічалася кропива та окремі скупчення злаків. Ґрунтоутворююча порода - еолові піщані відклади. Рівень ґрунтових вод не встановлено. Глибина залягання коріння дерев і кущів становила до 200 см. Виявлено сліди ґрунтових безхребетних, які не мали значного впливу на змішування горизонтів. Генетичний тип профілю - ізогумус. Інтенсивне виділення бульбашок CO₂ спостерігалось після внесення розведеної соляної кислоти з глибини 127 см. Ґрунтоутворююча порода - алювіальні відклади.

O (3-0 см) - тришарова лісова підстилка. Поверхневий шар складався з цілих листових пластинок, другий шар складався з добре розкладеного листя, а нижній шар - з мертвої деревини.

Ah1 (0-3 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Чорнувато-сірий колір (5Y 3/1). Сухий. Супіщаний. Зернисто-пилувата структура, з переважанням агрегатів розміром до 0,5 мм. Пухка текстура, помірно або слабо переплетений з кореневими системами трав'янистих рослин. Тварини були стурбованими. Перехід різкий, як з точки зору композиції, так і з точки зору кольору.

Ah2 (3-26 см) - другий гумусово-акумулятивний шар. Темно-сірий (7.5YR 4/1). Сухуватий. Супісок. Слабоагрегований. Щільний. Незначний вміст коріння кущів. Перехід різкий за композицією та кольором.

Ah3 (26-80 см) - третій гумусово-акумулятивний. Світліший за попередній горизонт, з червонувато-сірим відтінком (7,5R 5/1), з глибиною світлішає, а червонуватий відтінок зменшується. Свіжий. Супісок. Структура слабо виражена. Висока щільність - зв'язний склад. Наявне коріння кущів. Були фрагментарні включення жовтого піску. Перехід у кольорі поступовий.

2BA (80-97 см) - перехідний горизонт. На сірому фоні (2.5Y 6/1), оливково-сірому (5Y 5/2) або блакитно-сірому (5PB 5/1) овальні плями вертикально орієнтовані, 1-2 см завширшки і 7-12 см заввишки. Свіжі. Супісок, зв'язний склад. Незначний вміст коріння. Перехід кольору поступовий і нечіткий, шириною 2-3 см.

2B (97-127 см) - сірувато-бурий фон (2,5Y 5/2) з вертикальними овальними темно-сірими плямами (N 4/0) гумусового матеріалу. Ширина 1 см, висота 3-4 см. Також були плями округло-неправильної форми діаметром 7-8 см, ймовірно, нори наземних ссавців, заповнені гумусом. Свіжий. Супісок. Щільне злисте з'єднання. Перехід поступовий за кольором і текстурою.

2Bk (127-160 см) - сірий (2.5Y 6/1) з темно-червонуватими (2.5YR 4/1) плямами гумусованого матеріалу. Свіжий. Більш легкий гранулометричний склад, з'являється крупнозернистий пісок. Щільний. М'які конкреції на глибині 130-140 см. Перехід різкий за кольором і механічним складом.

ЗСк (160-200 см) – материнська порода. Сірувато-бурий (2,5Y 5/2) крупнозернистий пісок. Вологий, пухкий. Виявлено вертикальні плями з гуміфікованим матеріалом, ймовірно, сліди розкладеного коріння рослин. 1 см завширшки, 15-20 см заввишки, 2-3 плями з інтервалом 10 см по горизонталі.

Eutric Cambisol (Loamic, Ochric)

Розріз досліджений 19 вересня 2018 року (локація 4). Шурф розташований у верхів'ях балки Орлова, Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Рослинний покрив – луг. Поверхня ґрунту відносно рівна, килимова, з шаром підстилки товщиною 3-4 см і проективним покриттям 90-100%. Ґрунтоутворююча порода - алювіальний пісок. Розкритий рівень ґрунтових вод не встановлений. Генетичний тип профілю - ізогумус. Після внесення розведеної соляної кислоти на поверхню ґрунту бульбашок CO₂ не спостерігалось, що свідчить про відсутність карбонатної кислоти на поверхні ґрунту.

O (4-0 см) - підстилка з відмерлих і живих трав'янистих рослин.

Ah1 (0-4 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Сірий. Сухий. Супіщаний. Слабоагрегований, розсипчастий, окремі агрегатні одиниці зв'язані між собою корінням злаків, структура зернисто-пилувата. Пухкий склад, сильно переплетений кореневими системами трав'янистих рослин. Перехід за кольором, структурою та насиченістю коріння різкий, хвилеподібний.

Ah2 (4-32 см) - другий гумусово-акумулятивний. Ґрунт сірий. Вологий. Супіщаний. Слабоагрегований. Щільний. Низький вміст коріння. Перехід поступовий за кольором і різкий на зламі.

B1 (32-71 см) - світло-сірий, свіжий, супісок. Зв'язний, вертикальні тріщини шириною 0,2 см утворюють шлейфи шириною 15-20 см. Незначний вміст коріння. Перехід у зламі був різким, у кольорі - поступовим.

B2 (71-110 см) - світло-сірий з палевими плямами у верхній частині горизонту та палевий з вертикальними гумусовими смугами в нижній

частині. Вологий. Супісок. Зв'язний, без тріщин. Перехід у кольорі поступовий, нечіткий.

C1 (110-140 см) - ґрунтоутворююча порода. Палевий, світліший за попередній, мармурований з гумусовими плямами. Вологий. Середній суглинок. Перехід різкий за механічним складом і кольором.

2C2 (140-180 см) - ґрунтоутворююча порода. Сіро-блідий супісок місцями з вертикальними плямами гумусу. Вологий. Пухкий за механічним складом.

3C1 (180-200 см) - ґрунтоутворююча глеювата порода. Сіруватий пісок. Пухкий.

Eutric Cambisol (Loamic, Humic)

Профіль описано 30 червня 2018 р. на місці штучного лісового насадження в заплаві р. Дніпро (локація 18), Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Розріз розташований на схилі піщаного пагорба що спадає до заплави річки Протока. Рослинний покрив - штучна соснова плантація з бузиною чорною в підстилці. Поверхня ґрунту відносно рівна. На ній лісова підстилка з хвої товщиною 4-5 см, з проективним покриттям 100%. Травостій мав проективне покриття 5-10%. Ґрунтоутворююча порода - еолові піщані відклади. Рівень ґрунтових вод не встановлений. Глибина залягання коріння дерев становила понад 200 см. Тріщини були присутні в гумусовому шарі, але не в нижніх шарах. Текстура ґрунту була від пухкої до щільної. Генетичний тип профілю - ізогумусовий.

O (5-0 см) - лісова підстилка, суха, ущільнена, добре відокремлена від ґрунту, має шарувату структуру відповідно до ступеня розкладання підстилки.

Ah1 (0-7 см) - поверхневий гумусово-аккумулятивний, дерновий. Темно-сірий. Сухий. Супіщаний. Пилувато-зерниста структура. Шаруватий, пухкий склад, помірно або слабо переплетений кореневими системами трав'янистих рослин. Тріщини переважно горизонтальні. Перехід різкий за кольором, складом і насиченістю коріння.

Ah₂ (7-51 см) - гумусово-аккумулятивний. Темно-сірий. Сухий. Супіщаний суглинок. Пилувато-зерниста структура, легко розсипається при легкому натисканні. Щільніший ніж попередній горизонт. Зустрічається коріння трав'янистих рослин, дерев і чагарників. Перехід різкий за кольором і складом.

AB_h (51-81 см) - перехідний. Сірий. Сухий. Супісок. Слабо виражена структура. Щільний, майже злитий. Гумусовий матеріал коріння знаходиться в горизонтальному положенні. Коріння рослин майже відсутні. Перехід за кольором поступовий, хвилястий на 2-3 см.

B (81-100 см) - блідо-сірий, сухий, супісок. Структура виражена слабо. Щільний, майже злитий. Наявні гумусові рештки великого округлого коріння діаметром 5-7 см. Живих коренів не виявлено. Перехід поступовий за кольором.

C₁ (100-150 см) - материнська порода - палевий, свіжий, супісок. Безструктурний, щільний, майже злитий. Як і в попередньому горизонті, зустрічалися гумусовані рештки великих округлих коренів діаметром 5-7 см. Живих коренів рослин було небагато. Перехідний за кольором.

C₂ (150-220 см) - свіжий, пухкий пісок. Колір змінюється з глибиною від сіро-блідого до світло-сірого.

Eutric Cambisol (Arenic, Protocalcic, Humic)

Ґрунтовий профіль описаний 10 жовтня 2017 р. Дніпровська річкова арена (локація 19), Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Шурф закладений у місці, де арена річки Дніпро переходить у заплаву річки Протока. Рослинність представлена дубовим лісом зі свіжою травою з напівпросвітленою світлом структурою. Поверхня ґрунту відносно рівна і килимова, з лісовою підстилкою з нерозкладеного листя товщиною 5-6 см і проективним покриттям 70-80%. Травостій має проективне покриття 15-20%. Ґрунтоутворююча порода - еолові піщані відклади. Рівень залягання ґрунтових вод - 155 см. Виявлено сліди ґрунтових безхребетних, які не мають значного впливу на перемішування горизонтів. Ознаки оглеєння виявлено

лише для корінної породи в зоні її контакту з ґрунтовими водами. Ґрунт був щільним. Генетичний тип профілю - ізогумус.

O (6-0 см) - тришарова лісова підстилка з листя дерев та відмерлих трав'янистих рослин.

Ah1 (0-7 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Сірого кольору (N 5/0) з вкрапленням піщаних частинок. Сухий. Супісок. Дуже слабоагрегований, зернисто-пилувата структура, переважають агрегати розміром 0,5 мм. Пухка текстура, інтенсивно переплетений корінням трав'янистих рослин. Виявлено деяке занепокоєння у тварин. Перехід різкий, горизонтальний за складом та кореневою насиченістю.

Ah2 (7-17 см) - другий гумусово-акумулятивний. Сірий (N 6/0) з вкрапленням піщаних частинок. Свіжий. Супіщаний. Безструктурний. Щільний. Подекуди зустрічається коріння чагарників. Перехід різкий за складом.

Ah3 (17-64 см) - третій гумусово-акумулятивний. Темно-сірий (N 4/0) з вкрапленням піщаних частинок. Вологий. Супісок світліший. Безструктурний. Від щільного до зв'язного складу. Незначний вміст коріння чагарників. Перехід за кольором поступовий.

ABk (64-105 см) - перехідний карбонатний горизонт. Темно-сірий (7.5YR 4/1), світлішає з глибиною. Вологий. Супісок. Безструктурний. Щільно злитий. Інтенсивне виділення бульбашок CO₂ спостерігалось після внесення розведеної соляної кислоти з глибини 64 см. Коріння зустрічається мало. Перехід за кольором поступовий і нечіткий, шириною 2-3 см.

Bk (105-120 см) - світло-сірий (N 7/0), вологий, карбонатний супісок. Складання щільне, злите. Перехід поступовий за кольором і текстурою.

Sk1 (120-130 см) - сірий з буруватим відтінком (10R 6/1), вологий, карбонатний, глеюватий супісок. Легший за гранулометричним складом, з'являється крупний пісок. Щільний. Перехід різкий за кольором і механічним складом.

Crk (130-155 см) - материнська глиниста порода. Сірий (7,5PB 4/2), вологий, пухкий пісок. Вертикальні плями з гумусованим матеріалом, ймовірно, сліди розкладеного коріння рослин. Ґрунтові води з глибини 155 см. Характеризуються сильно відновлювальними умовами.

Eutric Cambisol (Arenic, Protocalcic, Humic)

Ґрунтовий профіль досліджено 26 вересня 2017 р. в урочищі поблизу пониження рельєфу, що прилягає до заплави р. Протіч (локація 20.2), на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Розріз розташований на відносному підвищенні біля болота. Рослинність - в'язово-дубовий ліс. Поверхня ґрунту відносно рівна, килимова, з лісовою підстилкою з нерозкладеного листя товщиною 1-2 см і проективним покриттям 80-90%. Травостій має проективне покриття 20%, кропива, місцями зустрічалися злаки. Ґрунтоутворюючою породою є еолові піщані відклади. Рівень ґрунтових вод виявився на глибині 200 см. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які впливають на змішування горизонтів в дерновому горизонті. Ознаки оглеєння з глибини 121 см. Текстура ґрунту варіює від пухкої до щільної. Генетичний тип профілю - ізогумус. Виділення бульбашок CO₂ спостерігали після внесення розведеної соляної кислоти з поверхні ґрунту.

O (2-0 см) - лісова підстилка з добре розкладеного опалого листя, однорідна, добре відокремлена від ґрунту.

Ahk1 (0-10 см) - поверхневий гумусово-аккумулятивний дерново-карбонатний горизонт. Темно-сірий (N 4/0). Сухий. Зв'язний супісок. Дуже слабоагрегований, пилювато-зерниста структура, агрегати нестійкі, кришиться. Пухкий, густо переплетений корінням трав'янистих рослин. Тварини були стурбованими. Перехід різкий за складом, майже повне зникнення трав'янистих коренів, горизонтальний, горизонти легко розділялися.

Ahk2 (10-31 см) - другий гумусово-аккумулятивний карбонатний горизонт. Сірий (N 6/0). Свіжий. Супісок зв'язний. Дуже слабоагрегований,

розсипчастий. Подекуди зустрічається коріння чагарників. Перехід різкий за складом.

Ahk3 (31-84 см) - третій гумусово-акумулятивний карбонатний горизонт. Червонувато-сірий (10R 5/1). Свіжий. Супісок зв'язний. Структура слабо виражена. Склад від щільного до зв'язного. Наявне коріння деревних рослин. Спостерігається вертикальні ходи дощових черв'яків. Перехід за кольором хвилястий.

2Bk (84-121 см) - карбонатний, неоднорідно забарвлений. На світло-сірому фоні (2.5Y 7/1), сірому (N 5/0) і дуже темно-сірому (N 3/0) спостерігалися неправильної форми плями із залишків розкладеного коріння деревних рослин. Свіжий, безструктурний, зв'язний пісок. Щільний. Коріння в межах ґрунтового розрізу не виявлено. Перехід за кольором, поступовий і нечіткий, шириною 2-3 см.

2Sk1 (121-148 см) - глей-карбонатний горизонт корінної породи. Світло-зеленувато-сірий (5G 7/1) і сірі плями неправильної форми (N 5/0). Пісок вологий, щільний. Перехід різкий за кольором і текстурою.

2Crk (148-200 см) - материнська глейова порода, в нижній частині горизонту, характеризується сильно відновлювальними умовами. Зеленувато-сірий (7.5BG 5/2) з червонуватими плямами, пухкий, вологий пісок. Вертикальні плями з гумусовим матеріалом, ймовірно, сліди розкладеного коріння рослин. Ґрунтові води залягають на глибині 200 см.

Флювісолі

Eutric Pantofluvic Fluvisol (Protocalcic, Humic, Loamic)

Опис зроблено 3 жовтня 2018 р. на березі р. Протока (локація 1) у Дніпровсько-Орільському природному заповіднику. Рослинний покрив - лучна рослинність. Поверхня ґрунту відносно рівна, килимова, підстилка з проєктивним покриттям 70-90%. Ґрунтоутворююча порода - піщані суглинисті та піщані алювіальні відклади. Рівень ґрунтових вод виявлено на глибині 200 см. Генетичний тип профілю - воднево-диференційований.

Швидке виділення бульбашок CO₂ спостерігалось після внесення розведеної соляної кислоти від 31 до 90 см.

O (2-0 см) - підстилка з живих і мертвих трав'янистих рослин.

Ah (0-7 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Темно-сірого кольору. Вологий. Супіщаний. Слабоагрегований, розсипчастий, окремі агрегати скріплені корінням злаків. Насичений корінням, пухкий за механічним складом. Перехід різкий, хвилястий за складом і кореневою насиченістю.

Ahk (7-48 см) - другий гумусово-акумулятивний карбонат. Темно сірий. Вологий. Супіщаний. Структура слабо виражена, щільна. Вміст коріння значно менша. Перехід різкий за кольором.

CAk (48-75 см) - перехідний карбонат. Світло-сірий, поступово світлішає з глибиною. Вологий. Супісок. Безструктурний, щільного складу. Виявлено коріння. Перехід за кольором поступовий.

Sk (75-113 см) - карбонатний горизонт материнської породи. Світло-сірий, вологий, зв'язний, супісок. Гумусові плями неправильної форми діаметром 15-20 см. Перехід за кольором поступовий.

S11 (113-136 см) - перший глейовий горизонт материнської породи. Сірий з гуміновими плямами. Вологий. Супісок. Щільний. Перехід чіткий за кольором і гранулометричним складом.

S12 (136-152 см) - другий глейовий горизонт материнської породи. Сірого кольору. Вологий. Супісок. Щільний. Перехід різкий за кольором.

Cr1 (152-171 см) - ґрунтоутворююча глейова порода. Колір був типовим для відновлених станів - темно-сірий супісок з червоними плямами. Пухкий. Гранулометричний склад поступово змінюється.

Cr2 (171-200 см) - ґрунтоутворююча глейова порода. Вологий темно-сірий пісок з червонуватими плямами. Пухкий, сипучий. Ґрунтові води виявлено з глибини 200 см.

Eutric Gleyic Pantofluvic Fluvisol (Protocalcic, Humic, Loamic, Nechic)

Ґрунтовий профіль описаний 5 травня 2018 року в заплаві притоки р. Протіч (межа арени р. Дніпро) (локація 25). Рослинний покрив - лісова рослинність (*Populus alba*). Трав'янистий покрив представлений переважно конвалією та березкою, проективне покриття становило 25-30%. Поверхня ґрунту відносно рівна, килимова, з лісовою підстилкою товщиною 5-6 см і проективним покриттям 90-100%. Ґрунтоутворююча порода - піски бореальної тераси. 5 травня рівень води був 90 см, потім піднявся до 80 см. 2 червня рівень води становив 122 см. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які не мають значного впливу на змішування горизонтів. Швидке виділення з поверхні бульбашок CO₂ спостерігали після внесення розведеної соляної кислоти. Генетичний тип профілю - воднево-диференційований, а його структура поліциклічна.

O (6-0 см) - одношарова лісова підстилка, суха, складалася з окремих листових пластинок.

Ahk1 (0-7 см) - поверхневий перегнійно-дерново-карбонатний. Сухий. Темно-сіруватий з вкрапленням піщаних частинок (10YR 4/2). Супісок. Пухкої структури, рясно переплетений корінням трав'янистих рослин. Структура зернисто-пилувата. Перехід за кольором, текстурою та кореневою насиченістю, чіткий, горизонтальний 2-3 см.

Ahk2 (7-35 см) - гумусово-аккумулятивний карбонатний горизонт. Свіжий. За кольором близький до поверхневого горизонту. Супісок. Погано ущільнений, структура виражена слабо. Спостерігалися поодинокі коріння кущів. Перехід поступовий за кольором, гранулометричним складом і щільністю.

Bk (35-58 см) - перший перехідний карбонатний горизонт. Вологий. Чорний (2.5Y 2.5/1). Суглинок середній, в'язкий, липкий. Склад щільний, структура виражена слабо. Наявне коріння кущів. Перехід був поступовий за кольором і гранулометричним складом.

BKk1 (58-80 см) - другий перехідний глей-карбонатний горизонт. Вологий. Сірий (10YR 6/1) з елементами глейового кольору в нижній частині.

Супісок з піщаною присипкою. Щільний за складом. Коріння в розрізі ґрунту не виявлено. Перехід різкий за кольором і складом.

Sk1 (80-112 см) - глейовий карбонатний горизонт зі скупченням органічної речовини. Вологий. Супісок блакитнувато-сірий (10B 5/1), поступово світлішає з глибиною. Щільний, майже зв'язний, липкий і пластичний. Перехід за кольором і гранулометричним складом різкий.

Crk (112-122 см) - карбонатна глейова ґрунтоутворююча порода з сильними відновними умовами. Вологий, світло-оливково-сірий (5Y 6/2) зв'язний пісок. Щільний, розпадається на великі піщані грудки, які розпадаються при натисканні пальцями. Ґрунтові води на рівні 122 см.

Eutric Gleyic Panthofluvic Fluvisol (Arenic, Ochric, Thaptoochric)

Профіль описаний 3 жовтня 2017 року. Дніпровсько-Орільський Природний заповідник. Заплава річки Дніпро (локація 26). Рослинність - в'язова діброва. Поверхня ґрунту була хвилястою та вирівняною. Лісова підстилка складалася з нерозкладеного листя, товщиною 1,5-2,0 см, з проективним покриттям 30-40%, і інтенсивно розрита дикими кабанями. Ґрунтоутворююча порода - алювіальний пісок. Рівень ґрунтових вод становив 171 см. Основна маса коріння дерев і чагарників залягає на глибині до 70 см. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які не мають суттєвого впливу на змішування горизонтів. Генетичний тип профілю - воднево-диференційований, а його структура - поліциклічна і шарувата.

O (2-0 см) - лісова підстилка, що складається з листя дерев і трав'янистих рослин різного ступеня розкладення.

Ah1 (0-7 см) - поверхневий гумусово-аккумулятивний, дерновий. Світло-сірий, сухий, супіщаний. Безструктурний, пухкий, рясно переплетений корінням трав'янистих рослин. Перехід по схилу, різкий.

Ah2 (7-24 см) - гумусово-аккумулятивний. Світло-сірий, свіжий, супіщаний суглинок. Безструктурний, щільний, помірно насичений корінням. Перехід плавний за кольором і текстурою.

АСс (24-43 см) - перехідний горизонт. Неоднорідний сіро-палевий колір темніє з глибиною, зрідка червонуваті плями. Вологий, супіщаний, безструктурний, щільний. Незначний вміст коріння кущів і дерев. Виявлено кореневі ходи з темнозабарвленим гумусовим матеріалом та вертикальні гумусові просочення. Різкий хвилястий перехід кольору та гранулометричного складу.

Сс (43-54 см) - алювіальний горизонт корінних порід. Світло-сірий з іржавими плямами, які збільшуються з глибиною. Пісок свіжий, безструктурний. Вертикальні, зрідка, зустрічалися гумусові прожилки. Перехід нечіткий, 2-3 см завширшки.

АСсв (54-69 см) - заглиблений гумусово-аккумулятивний горизонт. Темно-сірого кольору. Містить фрагменти коріння. Пісок свіжий, безструктурний, щільного гранулометричного складу. Зустрічаються поодинокі вертикальні гумусові прожилки. Перехід за кольором плавний, ширина перехідної зони - 1,5 см.

САСв (69-94 см) - перехідний глейовий горизонт, занурений у ґрунт. Неоднорідний, темно-сірий з темно-червоними неправильними плямами 3-5 см в діаметрі. Свіжий, піщаний, щільного складу. Виявлено фрагменти коріння. Зрідка зустрічаються вертикальні гумусові прожилки. Перехід різкий за складом і кольором.

СІ (94-133 см) - алювіальний глейовий горизонт. Колір змінюється з глибиною від блідо-сірого до сірого і червоного. Пісок пухкий, вологий. Вертикально гумусовані ґрунти.

Сг (133-171 см) - алювіальний глейовий горизонт з сильними відновними умовами в нижній частині горизонту. Пісок вологий, темно-сірий, пухкий. Ґрунтові води виявлено з глибини 171 см.

Eutric Gleyic Pantofluvic Fluvisol (Protocalcic, Humic, Loamic, Thaptoochric)

Ділянка досліджена в заплаві річки Дніпро (локація 27). Поверхня ґрунту відносно рівна і килимова, з ліською підстилкою з проективним

покриттям 70-80%. Ґрунтоутворююча порода - алювіальний пісок. Рівень ґрунтових вод становив 117 см. Глибина залягання коріння дерев і чагарників становила до 70 см. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які не мають значного впливу на змішування горизонтів. Спостерігалася тенденція до виникнення слизу у вигляді червонуватих плям на глибині нижче 50 см. Ґрунтовий профіль шаруватий, має ряд заглиблених гумусово-акумулятивних горизонтів, переходи різко виражені за кольором. Виділення бульбашок CO₂ спостерігали з глибини 53 см після внесення розведеної соляної кислоти. Генетичний тип профілю - воднево-диференційований, його структура - поліциклічна, шарувата.

O (2-0 см) - лісова підстилка з нерозкладеного та напіврозкладеного листя.

Ah1 (0-6 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Темний, сіро-коричневого кольору, свіжий. Середній суглинок, пухка текстура, сильно переплетений корінням трав'янистих рослин. Агрегована, дрібнопориста структура, з переважанням агрегатів розміром 5-8 мм. Виявлено тріщини шириною до 1 мм, довжиною 2-3 см, що тягнулися в різні сторони. Потривожили тварину. Перехід у кольорі, структурі та гранулометричним складом, різкий, хвилястий.

Ah2 (6-18 см) - гумусово-акумулятивний. Сірувато-коричневий з палевим відтінком, свіжий. Супісок. Грудкувата структура, ущільнена. Рясно насичений корінням. Виявлено кореневі канали, які заповнені гумусованим сипучим матеріалом. Перехід плавний за структурою та композицією.

AB (18-38 см) - перехідний горизонт. Сірувато-коричневий з палевим відтінком, свіжий. Супісок. Грудкувата структура. Склад щільніший за попередній горизонт. Рясно насичений корінням. Наявні кореневі ходи, заповнені гуміфікованим пухким матеріалом. Перехід чіткий за кольором, хвилястий.

C (38-46 см) - горизонт алювіальних корінних порід. Світло-жовтий з іржавими плямами. Свіжий, безструктурний пісок. Спостерігалися

фрагментарні корені деревних і чагарникових рослин. Перехід нечіткий, шириною 2-3 см за кольором і гранулометричним складом.

Ahkb (46-62 см) - перший заглиблений гумусово-акумулятивний карбонатний горизонт. Колір у межах горизонту був з плавним переходом від темно-коричневого до світло-коричневого. Свіжий. Безструктурний супісок. Знайдено фрагментарні корені. Буріє з глибини 53 см. Перехід кольору плавний, перехідна зона шириною 1,5 см.

Скс (62-73 см) - алювіальний карбонатний горизонт корінних порід. Мармуровість: іржаві плями діаметром 1,5-2,0 см на світло-блідому фоні. Пісок свіжий, безструктурний. Перехід за кольором різкий.

Ahksb (73-82 см) - другий залягаючий гумусово-акумулятивний карбонатний горизонт. Світло-сірий з іржавими плямами. Піщаний, безструктурний. Зустрічалися поодинокі кореневі ходи, заповнені гумусовим матеріалом. Перехід за кольором різкий.

Ск1 (82-93 см) - алювіальний карбонатний горизонт корінних порід. Колір неоднорідний, подібний до кольору горизонту Скс. Внутрішня горизонтальна шаруватість за кольором: червонуваті плями та темно-сірі хвилясті мікрошари були переважно горизонтальними. Траплялися сильно розкладені рештки коріння. Перехід за кольором різкий.

Ahklb (93-106 см) - третій залягаючий гумусово-акумулятивний карбонатно-глинистий горизонт. Світло-сірого кольору з іржавими плямами. У середній частині горизонту простежувалася світла попеляста смуга. Піщаний, безструктурний. Перехід за кольором різкий.

Сrk (106-117 см) - глейовий карбонатний горизонт алювіальних порід з сильно вираженими відновними умовами. Гранулометричний склад піщаний, сірого кольору. Вологий, оскільки знаходився в межах капілярної рамки.

Eutric Gleyic Pantofluvic Fluvisol (Humic, Loamic, Thaptoochric)

Ділянка досліджена в заплаві річки Дніпро (локація 28). Поверхня ґрунту рівномірно вкрита килимом, на ньому лісова підстилка з

нерозкладеного листя товщиною 2-3 см, проективне покриття становило 80%.

O (2-0 см) - лісова підстилка з нерозкладеного та напіврозкладеного листя.

Ah1 (0-10 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Темно-сірий, свіжий. Супісок. Добре структурований, грудкувато-зернистий, містить копроліти. Пухка текстура, рясно переплетений корінням трав'янистих рослин. Наявні тріщини, шириною 1,5-2,0 мм і довжиною 2-3 см, неправильної форми та спрямованості, виявлено вздовж педів.

Ah2 (10-19 см) - гумусово-акумулятивний. Сірий з палевим відтінком. Супісок супіщаний. Структура грудкувата. Щільніший, за попередній горизонт, тріщин не спостерігаються. Виявлено волокнисті кореневі системи трав'янистих рослин та коріння деревних і чагарникових форм. У межах горизонту колір стає світлішим з глибиною і ущільнений за рахунок складення. Перехід плавний за кольором і структурою.

AC (19-31 см) - перехідний горизонт. Світліший за кольором і більш вологий за попередній горизонт. Щільний пісок. Неоднорідна суміш піску з гумусом. Перехід за кольором різкий, межа - хвиляста.

C (31-44 см) - алювіальний горизонт корінної породи. Колір світло-сірий з палевим відтінком і червонуватими прожилками. Пісок безструктурний. Виявлено корення чагарників та деревних рослин. Вертикальні смуги гумусу були залишками великих розкладених коренів. Перехід за кольором хвилястий.

ACb (44-55 см) - перший заглиблений гумусово-акумулятивний горизонт. Щільний пісок. Сірий з палевим відтінком. Безструктурний, помірно насичений корінням. Наявне вкраплення гумусового матеріалу вздовж коріння деревної рослинності, що розкладається. Перехід за кольором хвилястий з прожилками.

Cl (55-74 см) - алювіальний глейовий горизонт. Сірий з палевим відтінком, іржавими плямами та гумусовим матеріалом у верхній частині

горизонту. Коріння не виявлено. Піщаний, безструктурний. Перехід різкий за кольором, межа хвиляста.

CA1b (74-82 см) - другий залягаючий глейовий горизонт з накопиченням органічної речовини. Вологий. Сірий зі зростанням темного відтінку з глибиною. Піщаний. Шаруватий розподіл гумусованого матеріалу. Різкий перехід за кольором.

Cr (82-103 см) - алювіальний глейовий горизонт з сильними відновними умовами. Вологий. У верхній частині блідо-сірий з іржавими плямами, розташовані переважно в горизонтальному напрямі. Смужки гумусу шириною 0,5 см і довжиною 2-3 см розташовані у вертикальному напрямі. Нижня частина горизонту залягала над рівнем ґрунтових вод і мала вигляд сірого вологого піску. Рівень ґрунтових вод коливався від 94 до 103 см у різні періоди дослідження.

Глейсолі

Eutric Fluvis Calcic Mollic Gleysol (Humic, Loamic)

Шурф досліджений 12 травня 2018р. у лісі в заплаві притоки річки Протич. (локація 16). Шурф розташований на відносному підвищенні рельєфу, на відстані 50 м від болота. Рослинність - в'язово-дубовий ліс. Поверхня ґрунту відносно рівна і килимова, з лісовою підстилкою з нерозкладеного листя товщиною 2-3 см і проективним покриттям 20-30%. Листкові пластинки опалого листя помірно розкладене, підстилка однорідна, суха і добре відокремлена від ґрунту. Травостій має проективне покриття 70-80%. Ґрунтоутворююча порода - алювіальні піщані відклади. Рівень ґрунтових вод виявлений з глибини 101 см. 26 травня ґрунтові води були на глибині 65 см. Великих тріщин, що виходять за горизонт, не спостерігалось. Виявлено сліди життєдіяльності ґрунтових безхребетних, які впливають на змішування у дерновому горизонті. Наявні ознаки оглеєння з глибини 38-65 см. Карбонати та легкорозчинні солі у вигляді морфологічних елементів не виявлено. Текстура ґрунту варіюється від пухкої до щільної. Генетичний тип профілю - диференційований за вмістом гумусу. З поверхні ґрунту

спостерігалось виділення бульбашок CO₂ після внесення розведеної соляної кислоти.

O (3-0 см) - лісова підстилка з проективним покриттям 20-30%.

Ahk1 (0-13 см) - гумусово-акумулятивний карбонатний горизонт. Сірий (N 5/0). Супісок зв'язний. Пухкий за механічним складом, помірно переплетений корінням трав'янистих рослин. Дуже погано агрегований, пилювато-зерниста структура, агрегати нестійкі і кришиться. Тріщин не виявлено. Спостерігалось деяке занепокоєння тварин. Перехід поступовий за складом, кольором і гранулометричним складом.

Ahk2 (13-38 см) - гумусово-акумулятивний елювіальний карбонатний горизонт. Темно-сірий (N 4/0). Більш вологий за попередній. Супісок супіщаний. Наявні щільні складення. Виявлено поодинокі корені кущів. Неагрегований. Перехід поступовий за кольором та гранулометричним складом.

ABk (38-65 см) - верхній перехідний карбонатний горизонт. Темно-оливково-сірий (2.5GY 4/1). Вологий. Супісок важчого механічного складу, більш в'язкий. Щільний. Неагрегований. Виявлено коріння деревних рослин. Перехід за кольором поступовий.

SBk1 (65-83 см) - перехідний карбонатний горизонт. Оливково-сірий (2.5GY 5/1). Супісок з піщаною присипкою. Вологий. Щільний. Невеликий вміст коріння. Перехід за кольором поступовий і нечіткий, шириною 2-3 см.

Sk1 (83-98 см) - глеювато-карбонатний, засолений горизонт. Зеленовато-сірий (10Y 5/1) з червонуватими плямами. Вологий. Гранулометричний склад - супісок. Щільний. Заглиблені шари гумусу товщиною 3-4 см. Перехід різкий за кольором і текстурою.

Crk (98-101 см) - корінна порода - глеюватий засолений алювій з сильними відновлювальними умовами. Інтенсивно блакитнувато-сірий (2,5PB 5/3) з червонуватими плямами, вологий. Гранулометричний склад - супісок. Пухкий. Вертикальні плями з гумусовим матеріалом, ймовірно, сліди розкладеного коріння рослин. Ґрунтові води з глибини 101 см.

Eutric Calcic Mollic Gleysol (Humic, Loamic)

Дослідження проведено 10 жовтня 2017 р. (локація 20.1). Рослинний покрив - болотна рослинність, проективне покриття - 100%. Поверхня ґрунту відносно рівна, килимова, з відмерлими рослинними рештками на поверхні, висотою 0,5 см, проективне покриття 15-20%. Ґрунтоутворююча порода - піски бореальної тераси. Рівень ґрунтових вод становив 140 см, потім піднявся до 135 см. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які не мали суттєвого впливу на перемішування горизонтів. Спостерігалася тенденція до оглеєння у вигляді червонуватих плям на глибині нижче 68 см. Генетичний тип профілю - диференційований за воднем. Бульбашки CO₂ спостерігали з поверхні після внесення розведеної соляної кислоти.

O (0,5-0 см) - залишки відмерлих рослин.

Ahk1 (0-17 см) - поверхневий дерновий карбонат. Темно-сірий (N 3/0) з вкрапленням піщаних частинок, густо переплетені корінням рослин. Свіжий. Супісок. Структура пилювато-зерниста, крихка, утворює грудки вздовж коріння рослин. Сильно трансформований тваринами. Пухкий склад. Знайдено мушлі водних молюсків. Перехідний за кольором, структурою та насиченістю коріння, чіткий, хвилястий.

Ahk2 (17-75 см) - гумусово-аккумулятивний карбонатний, глинистий. Темно-сірий (N 4/0) з вкрапленням піщаних частинок. У нижній частині горизонту червонуваті та охристі відтінки внаслідок оглеєння. Вологий. Суглинок, в'язкий у вологому стані. Переважно грудкуватої структури. Щільний. Виявлено коріння кущів. Перехід за кольором поступовий.

Bhk (75-115 см) - склеєний карбонат. Зеленувато-сірий (10Y 5/1), поступово світлішає з глибиною, вологий. Супісок. Щільний, пластичний. Поступова зміна кольору і механічного складу. На межі з наступним горизонтом виявлено плями гумусового матеріалу діаметром 13-14 см, ймовірно, розкладене коріння деревних рослин.

Crk (115-135 см) - карбонатна глейова ґрунтоутворююча порода. Сірий

(5B 6/1) крупнозернистий зв'язний пісок з іржавими плямами. Вологий. Пухкий. Ґрунтові води присутні з глибини 135 см.

Eutric Fluvis Calcic Mollic Gleysol (Arenic, Humic, Salic)

Розріз зроблено 18 червня 2017 р. (Локація 21.2). Місце дослідження: заплава річки Протока, Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Рослинний покрив - вологий луг. Поверхня ґрунту відносно рівна, вкрита підстилкою та мохом товщиною 2-3 см, а проективне покриття становило 100%. Ґрунтоутворююча порода - алювіальний пісок. Рівень ґрунтових вод становив 83 см. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які не мають значного впливу на змішування горизонтів. Спостерігалася тенденція до склеювання у вигляді червонуватих плям на глибині нижче 68 см. Структура ґрунту - пухка. Генетичний тип профілю – воднево-диференційований. Виділення бульбашок CO₂ спостерігалася з глибини 18 см після внесення розведеної соляної кислоти.

O (4-0 см) - моховий покрив та підстилка.

Ah1 (0-10 см) - поверхневий гумусово-дерновий засолений. Чорний, щільно переплетений корінням рослин. Вологий. Супіщаний. Агрегована, розсипчаста, зерниста структура. Пухкий склад. Перехід за кольором, структурою і насиченістю коріння, поступовий, хвилястий.

Ah2 (10-18 см) - гумусовий солончак. Темно-сірий. Щільний, вологий. Піщаний супісок. Структура грудкувата, у вологому стані не зберігається. Помірна насиченість корінням. Перехід поступовий за кольором, складом та агрегатною структурою.

Bhk (18-38 см) - другий гумусовий солонцюватий карбонат. Темно-сірий до чорного, вологий, липкий суглинок. Структура менш виражена, зерниста. Щільніший за попередній. Перехід за кольором поступовий, хвилястий.

Bk1 (38-68 см) - перехідний карбонатний глей. Темно-сірий з іржавими плямами, з глибиною поступово світлішає. Супісок вологий, пластичний, щільний. Зміна кольору відбувалася поступово.

Crkz (68-83 см) - алювіальний засолений карбонат з плямами оглеєння. Темно-сірий, з іржавими плямами. Суглинистий. Вологий. Характеризується високим ступенем відновлення, ґрунтові води з глибини 83 см.

Fluvic Gleysol (Arenic, Ochric)

Опис зроблено 5 жовтня 2018 р. (Локація 29.1). Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Заплава річки. В'язово-дубовий ліс. Поверхня хвиляста, вирівняна лісовою підстилкою з нерозкладеного листя товщиною 2-3 см, проективне покриття 30-40%. Проективне покриття травостою становило 40-60%. Ґрунтоутворююча порода - алювіальний пісок. Рівень ґрунтових вод становив 140 см. Глибина залягання коріння дерев і чагарників - до 70 см. Великих тріщин у горизонті не спостерігалось. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які не мають значного впливу на змішування горизонтів. Склад ґрунту - щільний. Ґрунт шаруватий, переходи за кольором різкі. Диференційований генетичний тип профілю за вмістом гумусу. Після внесення розведеної соляної кислоти не спостерігалось виділення бульбашок CO₂.

O (3-0 см) - лісова підстилка, що складається з листя дерев і трав'янистих рослин різного ступеня розкладання.

A1 (0-2 см) - поверхневий гумусово-аккумулятивний, дерновий. Світло-сірий, сухий, супіщаний. Безструктурний, пухкий, рясно переплетений кореневими системами трав'янистих рослин. Легко відокремлюється від наступного горизонту. Перехід різкий за кольором, структурою, щільністю та насиченістю коріння.

A2 (2-13 см) - гумусово-аккумулятивний. Коричнево-сірий з гумусовими плямами, свіжий, супіщаний. Рясно насичений корінням. Структура пілувато-зерниста, агрегати нестійкі, легко кришиться при натисканні пальцем. Склад щільний. Перехід за кольором поступовий.

A/C (13-23 см) - перехідний горизонт. Забарвлення неоднорідне - на фоні основної маси бурого кольору, спостерігалися плями світло-жовтого кольору різного розміру з розмитими контурами. Супіщаний, вологий,

структура пилювато-зерниста, агрегати легко руйнувалися при натисканні. Склад щільний. Виявлено коріння кущів і дерев. Помічено кореневі ходи з гумусом темного кольору, матеріал пухкого складу. Різкий перехід за кольором, гранулометричним складом, структурою та щільністю.

C1 (23-79 см) - перший алювіальний горизонт. Світло-жовтого кольору з іржавими плямами, які збільшуються з глибиною. Піщаний, безструктурний, свіжий. Поодинокі, вертикально орієнтовані смуги органічного забарвленого матеріалу. Перехід нечіткий за кольором, 2-3 см завширшки.

C2 (79-97 см) - другий алювіальний горизонт. Світло-сірий, шаруватий. Шари гумусового матеріалу товщиною 0,5-1,0 см з інтервалом 1,5-2,0 см.

Більш темні шари товщиною 0,5-1,0 см чергуються зі світло-сірим матеріалом товщиною 1,5-2,0 см. Піщаний, щільний, вологий. Виявлено коріння дерев. Перехід за кольором і вологістю плавний, перехідна зона 1,5 см завширшки.

C11 (97-116 см) - перший алювіальний глейовий горизонт. Іржаво-сірого кольору з іржавими плямами та горизонтальними смугами гумусованого матеріалу. Піщаний, пухкий склад. Перехід за кольором і вологістю різкий.

C12 (116-140 см) - другий алювіальний глейовий горизонт. Пухкий, вологий пісок коричнево-сірого та синьо-сірого кольору - відповідає відновлювальним умовам і властивостям глеюватих порід. З глибини 140 см підземні води.

Eutric Fluvisol Mollic Gleysol (Humic, Loamic)

Опис зроблено 5 жовтня 2018 р. (Локація 29.2). Дніпровсько-Орільський природний заповідник. Шурф розташований у локальному зниженні заплави русла річки. Рослинність - в'язово-дубовий ліс, з проективним покриттям 10-20%. Лісова підстилка товщиною 5-6 см, проективне покриття становило 30-40%. Ґрунтоутворююча порода - алювіальний пісок. Рівень ґрунтових вод становив 110 см. Виявлено деякі

сліди ґрунтових безхребетних, які мають обмежений вплив на педотурбацію. Виділення бульбашок CO₂ не спостерігалось після внесення розведеної соляної кислоти. Генетичний тип профілю - воднево-диференційований, за типом структури - поліциклічна, шарувата.

O (5-0 см) - шарувата лісова підстилка, що складалася з листя дерев та залишків трав'янистих рослин. Сухий, легко розсипається.

A1 (0-7 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Колір бурий і темно-сірий. Свіжий. Супісок. Пухкий за механічним складом, рясно переплетений корінням трав'янистих рослин і перепрілим листям. Агрегати грудкувато-зернисті, легко кришиться при натисканні. Матеріал одного горизонту легко відділявся від наступного горизонту. Перехід різкий за кольором, структурою та насиченістю коріння.

A2 (7-29 см) - гумусово-акумулятивний. Коричнево-сірий з плямами гумусового матеріалу. Вологий. Супіщаний. Структура - пилювато-зерниста, агрегати нестійкі, легко кришиться при натисканні. Склад пухкий. Присутнє коріння чагарників.

ACc (29-41 см) - перехідний горизонт. Сірий з темно-сірими або іржавими плямами. Вологий. Супісок. Безструктурний, пухкий склад. Присутнє коріння дерев та кущів. Перехід за кольором поступовий, не чіткий.

Cc (41-53 см) - перший алювіальний горизонт. Світло-сірий з іржавими плямами неправильної форми, які здебільшого витягнуті горизонтально. Вологий, піщаний, безструктурний, пухкий. Присутнє коріння деревних порід. Перехід нечіткий за кольором, 2-3 см завширшки.

Clc (53-79 см) - другий алювіальний піщаний горизонт. Вологий. Строкато забарвлений в іржаво-сірий, сірувато-блакитний, буруватий кольори. Прошарки гумусового матеріалу товщиною 0,5-1,0 см з інтервалами 1,5-2,0 см. Темніші шари товщиною 0,5-1,0 см чергуються зі світло-сірим матеріалом товщиною 1,5-2,0 см. Пісок пухкий, безструктурний. Виявлено коріння деревних видів. Перехід за кольором і вологістю різкий.

C1 (79-110 см) - алювіальний глеюватий піщаний горизонт. Забарвлення характерне для відновлених умов - сірувато-блакитне, іржаво-сірий і темно-сірий. За структурою пухкий, з горизонтальними темно-сірими глейовими плямами та іржавими прошарками. Грунтові води залягали з глибини 110 см.

Calcic Mollic Gleyic Solonetz (Fluvis, Humic, Loamic)

Дослідження проведено 18 червня 2017 р. (Локація 21.1). Біотоп знаходився в заплаві річки Протока, на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Рослинний покрив - галофітний луг. Поверхня ґрунту відносно рівна, килимова, з підстилкою товщиною 3-4 см, проективне покриття становило 90-100%. Ґрунтоутворююча порода - алювіальний пісок. Рівень ґрунтових вод становив 115 см. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які не мають значного впливу на змішування горизонтів. Спостерігалася тенденція до оглеєння у вигляді червонуватих плям на глибині нижче 98 см. Видимих новоутворень, уламків карбонатів чи відкладень солей не було. Ґрунт щільний, зв'язний. Генетичний тип профілю - елювіально-ілювіально-диференційований. Виділення бульбашок CO₂ спостерігалася з глибини 31 см після внесення розведеної соляної кислоти.

O (4-0 см) - підстилка з проективним покриттям 60-80%.

Ah1 (0-3 см) - поверхневий гумусово-акумулятивний, дерновий. Сірий. Сухий. Піщаний суглинок. Слабоагрегований, розсипчастий, окремі агрегатні одиниці скріплені скупченням корінців злаків, зернисто-пилувата структура. Пухкий склад, сильно переплетений з корінням трав'янистих рослин. Перехід за кольором, структурою і насиченістю коріння різкий, хвилястий.

Ah2 (3-18 см) - гумусово-елювіальний (надсолонцюватий) карбонатний. Світло-сірий. Злитий. Сухий. Супіщаний. Незначна кількість коренів. Перехід різкий за складом, механічним складом і руйнуванням.

Bthn (18-31 см) - ілювіальний глинисто-гумусований (засолений). Темно-сірий, злитий. Свіжий. Суглинок. Поверхня горизонту горбиста. Кількість коріння незначна. Перехід за складенням і тріщинуватістю, різкий, хвилястий.

Bhkz (31-50 см) - субсолонцюватий карбонатний солончак. Темно-сірий, вологий, суглинистий, пластичний, без тріщин. Перехід кольору поступовий.

Bklz (50-65 см) - карбонатний солончак з плямами оглеєння. Світло-сірий, злегка мармурований з включенням іржавих або гумусових плям. Суглинистий. Вологий. Перехід за кольором поступовий, хвилястий, нечіткий. На межі з наступним горизонтом виявлено кротову нору розміром 12-15 см.

Sklz (65-98 см) - перший алювіальний карбонатний солончак з плямами оглеєння. Світло-сірий, світліший за попередній, мармурований з включенням іржавих або гумусових плям. Суглинистий. Вологий, безструктурний. Перехід був плавним, хвилястим, кольоровим.

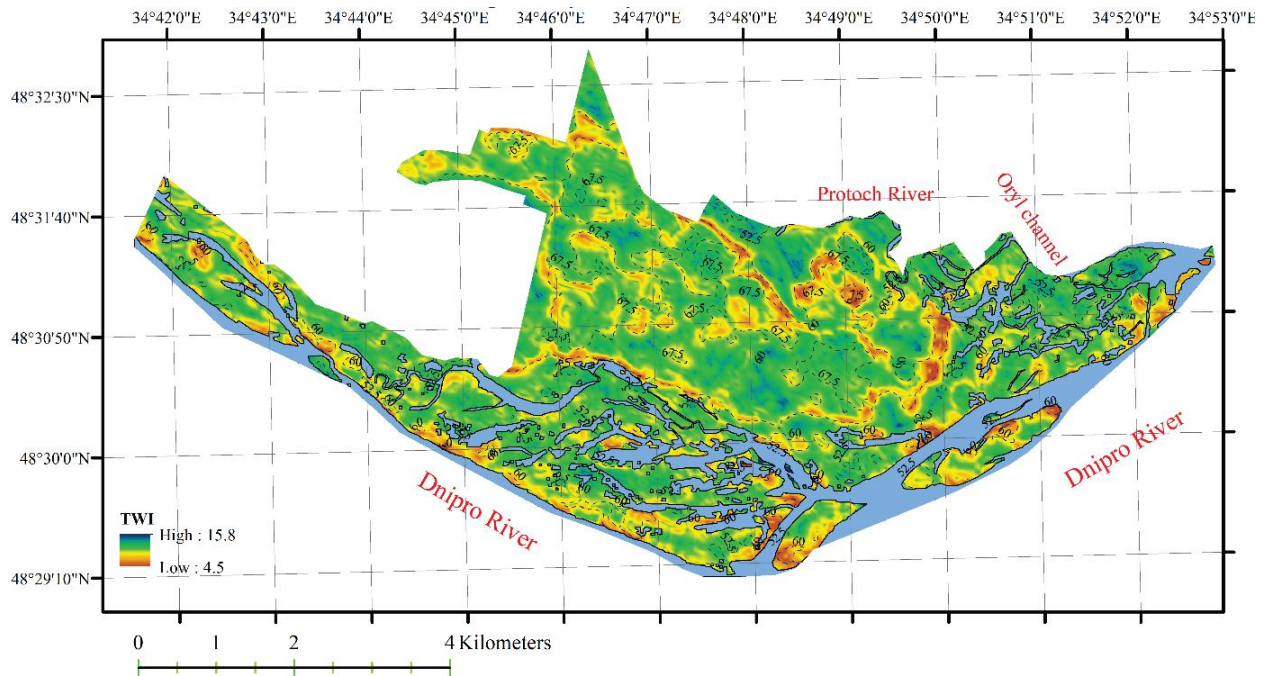
Crkz (98-115 см) - другий алювіальний горизонт, глейовий. Холодний сірий з іржавими плямами. Вологий. Супісок. Характеризується високими відновлювальними умовами, ґрунті води залягають з глибини 115 см.

3.2. Карта ґрунтів заповідника

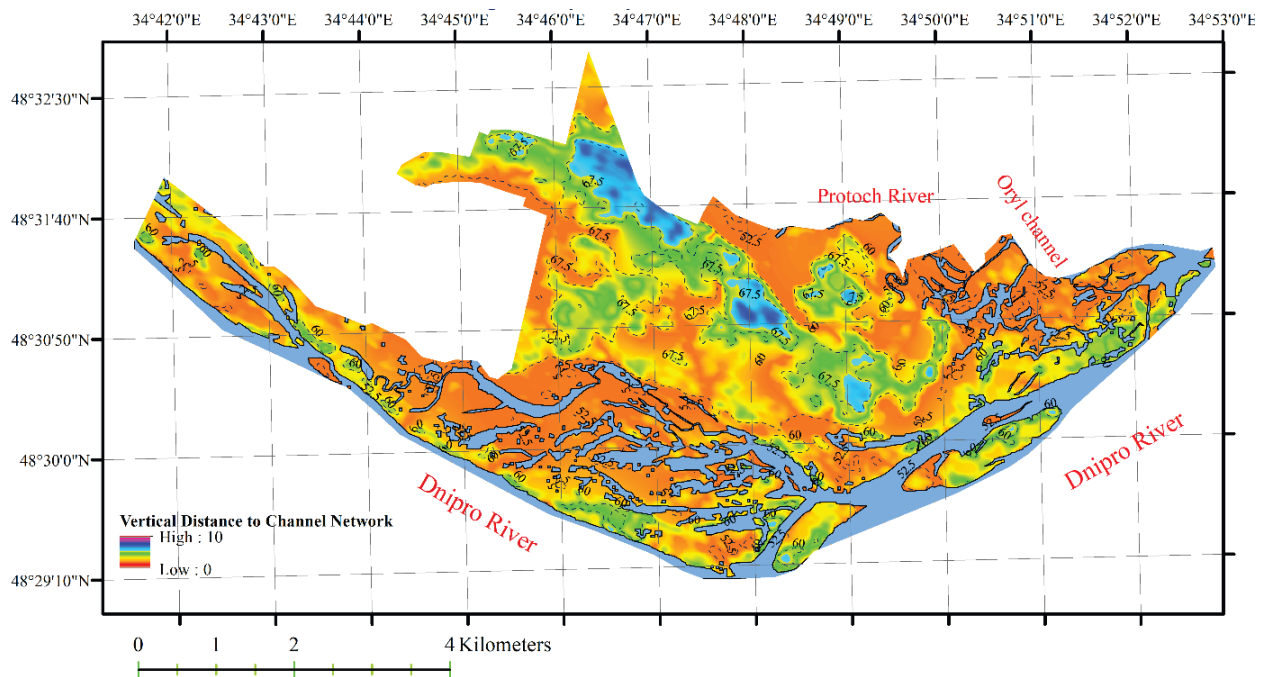
Групи еталонних ґрунтів WRB класифіковані з використанням геоморфологічних предикторів (Рисунок 3.1). Типи ґрунтів змогли пояснити 90% варіацій висоти рельєфу, які займають ґрунти ($R_{adj}^2 = 0,90$, $F = 165,5$, $P < 0.001$). Ареносолі займають статистично достовірно вищу позицію в рельєфі, ніж інші типи ґрунтів (планове порівняння $F = 671.3$, $P < 0.001$). У свою чергу, евтричні ареносолі займають вищі позиції ($68,9 \pm 0,48$ м), ніж евтричні ламельні ареносолі ($63,3 \pm 0,54$ м) ($F = 61,6$, $P < 0,001$). Інші ґрунти займали позиції в рельєфі, які статистично не відрізнялися за висотою ($F = 0,18$, $P = 0,67$). Типи ґрунтів змогли пояснити 38% варіацій висоти рельєфу, яку займали ґрунти ($R_{adj}^2 = 0,38$, $F = 12,6$, $P < 0,001$). Найвищі значення TWI виявлено для Флювісолу ($12,7 \pm 0,23$) та Солонцю ($13,0 \pm 0,28$ м). Відмінності між цими ґрунтами не були статистично вірогідними ($F = 0,80$, $P = 0.37$). TWI

дещо нижчий для камбісолів ($11,8 \pm 0,21$) та евтричних ламелярних ареносолів ($12,2 \pm 0,28$), які також не відрізнялися за цим показником ($F = 1,50$, $P = 0,23$). Найнижче значення TWI виявлено для Глейсолу ($11,15 \pm 0,17$) та евтричних ареносолів ($10,95 \pm 0,24$), які не відрізнялися один від одного за цим показником ($F = 0,45$, $P = 0,50$). Евтричні ареносоли та евтричні ламельні ареносоли утворюються на глибині залягання ґрунтових вод ($7,80 \pm 0,50$ і $2,60 \pm 0,46$ м, відповідно). Глейсол і Солонець формуються в умовах близького залягання рівня ґрунтових вод до поверхні ($0,28 \pm 0,27$ м та $0,28 \pm 0,27$ та $0,21 \pm 0,46$ м, відповідно) порівняно з Флювісолем та Камбісолом ($0,46 \pm 0,38$ та $0,41 \pm 0,35$ м, відповідно).

Висота над рівнем моря була найбільш інформативним предиктором, але топографічний індекс вологості (TWI) та топографічна оцінка глибини залягання ґрунтових вод (VDCN) значно покращили розпізнання (Рисунок 3.2). Ареносоли значно відрізнялися від інших ґрунтів, які займають автоморфні положення. Камбісоли займали перехідну позицію. Інші ґрунти мали гідроморфні позиції. Флювісол та Солонець займали більш вологіші позиції, а Глейсол - менш вологі. Флювісол та Солонець відрізнялися за рівнем ґрунтових вод. Солонець переважно залягав на рівні приповерхневих ґрунтових вод. Матриця класифікації підтвердила можливість використання геоморфологічних предикторів для побудови моделі просторової варіації ґрунтів у межах досліджуваної території (Таблиця 3.1). Просторова модель демонструє організацію ґрунтового покриву заповідника (Рисунок 3.3). Розрахунки показали, що камбісоли займають 20,7% площі, евтричні ареносоли займають 16,0%, евтричні ламельні ареносоли - 17,9%, флювісоли займають 15,2%, глейсоли - 28,7%, солонець - 1,5%.



a



б

Рисунок 3.1. Просторові зміни висоти (показано контуром), індекс топографічної вологості (показано кольором) (а) та вертикальна відстань до руслової мережі (б)

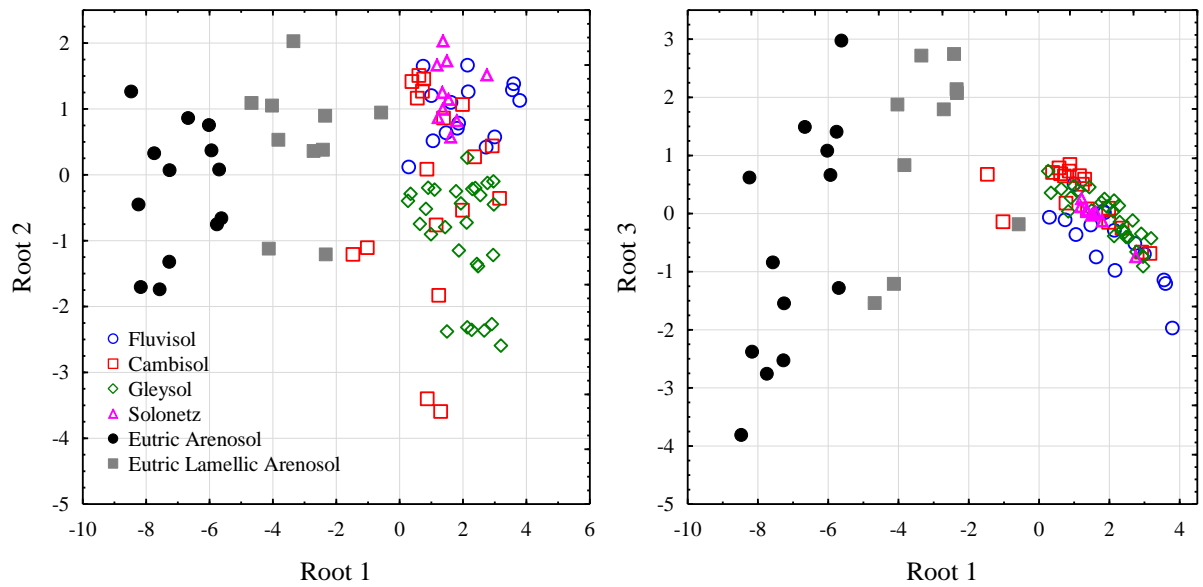


Рисунок 3.2. Розташування ґрунтів у просторі дискримінантних коренів: Корінь 1 ($\lambda = 10,7$) статистично значимо корелює з висотою рельєфу ($r = -0,88$, $P < 0,001$), Корінь 2 ($\lambda = 0,7$) статистично значимо корелює з висотою рельєфу ($r = 0,23$, $P < 0,001$) та TWI ($r = 0,95$, $P < 0,001$), Корінь 3 ($\lambda = 0,7$) статистично значуще корелює з висотою рельєфу ($r = -0,89$, $P < 0,001$) та VDCN ($r = 0,95$, $P < 0,001$)

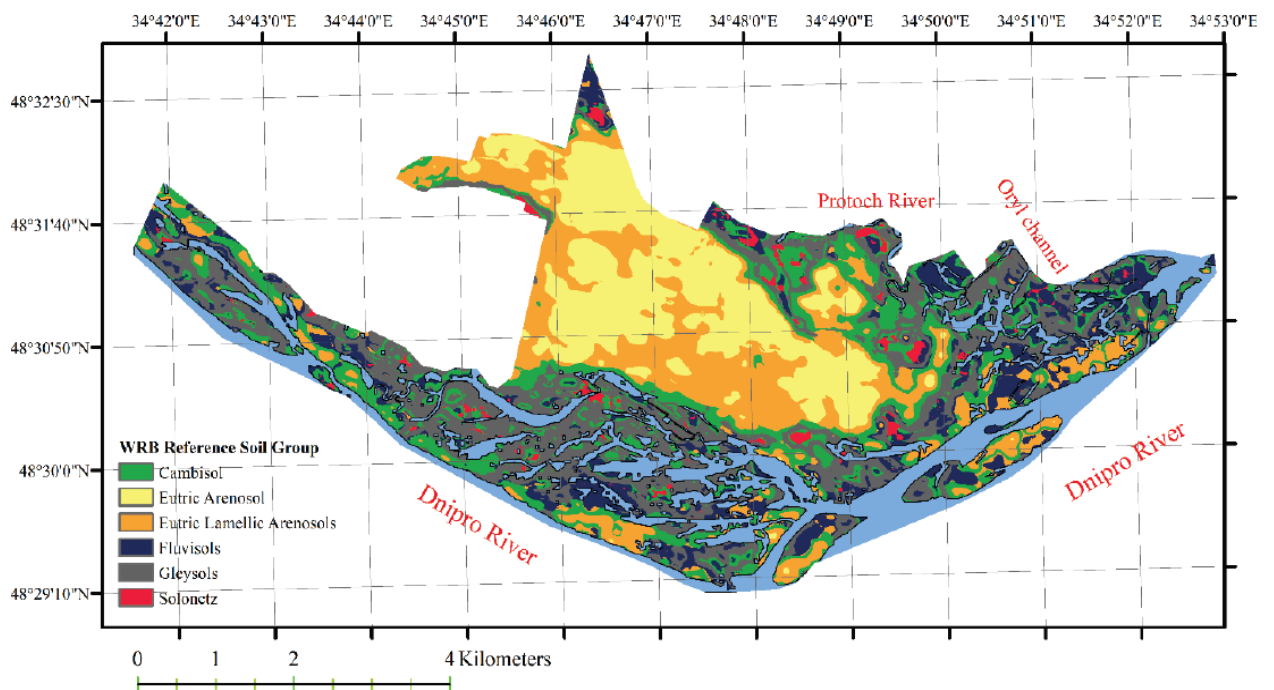


Рисунок 3.3. Карта поширення ґрунтів на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Таблиця 3.1. Матриця класифікації ґрунтів за результатами дискримінантного аналізу на основі геоморфологічних предикторів

Soils	Percent Correct	Fluvisol	Cambisol	Gleysol	Solonetz	Eutric Arenosol	Eutric Lamellic Arenosol
Fluvisol	73,3	11	2	0	2	0	0
Cambisol	16,7	3	3	7	4	0	1
Gleysol	78,6	0	6	22	0	0	0
Solonetz	40,0	4	2	0	4	0	0
Eutric Arenosol	92,3	0	0	0	0	12	1
Eutric Lamellic Arenosol	70,0	0	1	0	0	2	7
Total	62,8	18	14	29	10	14	9

Примітка: рядки - спостережувані класифікації, стовпчики - класифікації, отримані в результаті аналізу.

Генезис ґрунту залежить від ґрунтоутворюючих факторів, до яких відносяться материнська порода, клімат, рельєф, живі організми та час [179]. У річкових долинах рельєф є найважливішим чинником ґрунтоутворення, оскільки він також корелює з іншими факторами ґрунтоутворення [180]. Заплава і надзаплавна тераса чітко диференційовані за висотою рельєфу [181]. Ці геоморфологічні структури також мають особливості свого геологічного формування, що впливає на характер ґрунтоутворюючої породи [182]. Це пояснює те, що геоморфологічні предиктори, отримані на основі цифрової моделі рельєфу, здатні добре розрізняти типи ґрунтів у заплаві та терасовому ландшафті. За висотою рельєфу розрізняють заплавні та терасово-заплавні ґрунти. Але існують списки типів ґрунтів, що перетинаються в межах цих геоморфологічних зонах, тому лише висоти над рівнем моря недостатньо для ефективного розрізнення типів ґрунтів. Евтричні ареносоли займають найвищі позиції у рельєфі. Евтричні ламельні ареносоли розміщені трохи нижче. Ареносоли займають майже всю підвищену частину надзаплавної тераси і сформовані на піщаних пагорбах прирічкової заплави. Важливим фактором, який впливає на особливості процесу ґрунтоутворення, є режим зволоження [183]. Існує два джерела надходження

води до ґрунту: атмосферне та ґрунтове [184]. Топографічний індекс вологості є геоморфологічним маркером вологозабезпеченості ґрунту атмосферного походження. Індикатором ролі ґрунтового живлення на ґрунтовий покрив є вертикальна відстань до руслової мережі. Індекс топографічної вологості розрізняє, з одного боку, флювісол і солонець як ґрунти, що займають позиції, де відбувається акумуляція атмосферної вологи, яка перерозподіляється під впливом рельєфу. З іншого боку, індекс топографічної вологості диференціює глейсол та камбісол, які розміщені в транзитних позиціях зі значно гіршим забезпеченням вологою атмосферного походження. Зазначені вище пари ґрунтів відрізняються індексом забезпеченості ґрунтовими водами. У парі флювісол і солонець, солонець займає позицію з близьким до поверхні рівнем ґрунтових вод. У парі глейсол і камбісол позиції з рівнем ґрунтових вод близьким до поверхні, займає глейсол. Звичайно, на диференціацію цих ґрунтів також впливає гранулометричний склад ґрунтоутворюючого матеріалу, який неможливо оцінити за даними дистанційного зондування. Переважання піщаної фракції сприяє покращенню фільтраційних властивостей ґрунтів. Це покращує режим аерації, що в кінцевому підсумку призводить до відмінностей між камбісолом і глейсолом. Або збільшує інтенсивність вимивання солей з ґрунтового профілю, що відрізняє флювісол та солонець.

Геоморфологічні предиктори найкраще відрізняли евтричний ареносол та евтричний пластинчастий ареносол від інших типів ґрунтів. Очевидно, висота рельєфу тісно корелює з розподілом ґрунтоутворюючих відкладів різного гранулометричного складу. На терасі утворюються дюни, які складаються з піску, де утворюється ареносол. У заплаві є різноманітні ґрунтоутворюючі породи з різним гранулометричним складом. Різна швидкість седиментації завислих частинок різного розміру під час повеней є причиною просторової диференціації заплавлених ґрунтів. Берми складаються з піску і також мають відносно високу середню висоту серед усіх позицій у заплаві річки. У центральній частині заплави збільшується частка глинистих і

мулистих частинок, а найбільша частка найдрібніших частинок, як правило, знаходиться в прирічковій заплаві. Однак, "класична" послідовність знаходиться під сильним впливом вторинних факторів, які виникли внаслідок антропогенної трансформації гідрологічного режиму річки.

Роль геоморфологічних предикторів для розрізнення заплавної ґрунтів значно знижується. Ймовірно, це пов'язано з двома причинами. По-перше, мінливість ґрунтового покриву заплави надзвичайно велика, а розміри ареалів типів ґрунтів сильно зменшуються, через що 10-метрова роздільна здатність цифрової моделі рельєфу стає недостатньою. Прогнозування успіху, як відомо, часто залежить від роздільної здатності зображення. Було показано, що карти з роздільною здатністю від 2 до 10 м забезпечують обґрунтоване розмежування алювіальних ґрунтів як частини ґрунтового покриву [185]. Інша причина - порушення співвідношення між типами ґрунтів та ґрунтоутворюючими факторами, що відбувається внаслідок антропогенного впливу. Антропогенний вплив віддаляє природну систему від стану рівноваги, якому найбільшою мірою відповідає співвідношення між об'єктом природи і факторами ґрунтоутворення. Заплавні екосистеми в межах заповідника залишаються найбільш схильними до антропогенного впливу порівняно з терасовими екосистемами. Така ситуація не може залишатися поза межами заповідника, оскільки екосистеми, які формуються на Ареносолі, є надзвичайно чутливими до антропогенного впливу і можна прогнозувати порушення співвідношення між факторами ґрунтоутворення та типами ґрунтів у терасових екосистемах за межами заповідника.

На надзаплавній терасі ґрунтоутворюючими породами є алювіальні та еолові піски [186]. Фактор вітрової ерозії призводить до гомогенізації піщаної ґрунтоутворюючої породи. Тим не менш, піщані дюни та міждюнні западини відрізняються за своєю структурою, що є причиною диференціації ареносолів на дві групи: евтричні та евтричні пластинчасті. Евтричний ареносол займає піщані дюни, тоді як міждюнні западини зазвичай містять евтричний ламелярний ареносол. Таким чином, просторове розташування

піщаних дюн у межах першої надзаплавної тераси визначає просторові співвідношення між евтричним ареносоєм та евтричним ламелярним ареносоєм. Дюни, що складаються з сипучого піску, мають відносно велику поверхню контакту з атмосферою завдяки своїй напівсферичній формі. Тонкий шар верхнього шару ґрунту з низькою концентрацією органічних речовин не сприяє розвитку великої кількості рослинності, що також сприяє кращому контакту поверхні ґрунту з навколишнім середовищем і теплообміну, якому не перешкоджають екологічні структури, такі як рослинний покрив або шар відмерлої органічної речовини. Дюни швидко нагріваються під впливом сонячної радіації, але так само швидко охолоджуються, створюючи ефект конденсації. Коли піщані ґрунти стають дуже сухими, випаровування більше не відбувається з поверхні ґрунту, і положення фронту випаровування зміщується вниз вздовж профілю. Тому конденсація водяної пари, що рухається вниз по профілю ґрунту, відбувається вночі через зниження температури атмосфери, спричинене радіаційним охолодженням піщаного ґрунту. Секвестрація атмосферної водяної пари в ґрунтовому профілі виявлена в добовій динаміці: перегріву вдень і охолодження вночі піщаних ґрунтів [187]. Конденсована волога легко проникає вглиб дюни, оскільки пухкий пісок має високу фільтраційну здатність. Ламельні структури діють як водоутримуюча структура, по якій конденсована волога може рухатися до русла річки. Таким чином, просторову організацію Ареносою можна розглядати як фактор, що забезпечує річку додатковим водопостачанням за рахунок конденсації води та її міграції. Піщані дюни діють як конденсатори вологи, а міждюнні западини забезпечують транспортування вологи завдяки наявності пластинчастих структур.

Важливість вивчення ґрунтового покриву в межах природоохоронних територій слід відзначити, особливо тому, що цьому приділяється мало уваги в процедурах, передбачених для моніторингу довкілля в Україні. Так, у затвердженій Програмі з підготовки Літопису природи [188] (типова форма

річного звіту наукового підрозділу заповідника про дослідження біоти), рекомендації щодо вивчення ґрунтового покриву представлені дуже слабо і є вкрай застарілими. Очевидно, що така ситуація є неприйнятною. Так, стаття 43 Закону України "Про природно-заповідний фонд України" зазначено, що Літопис природи є основною формою узагальнення результатів наукових досліджень і спостережень за станом і змінами природних комплексів, що проводяться у природних заповідниках, біосферних заповідниках та національних природних парках, матеріали яких використовуються для оцінки стану навколишнього природного середовища, розроблення заходів з охорони та раціонального використання природних ресурсів, а також забезпечення екологічної безпеки. Вивчення ґрунтового покриву заповідника має бути стандартним аспектом екологічного моніторингу. Такі процедури повинні відповідати сучасним міжнародним стандартам.

Висновки до розділу

Ґрунтовий покрив у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський» представлений Ареносолом, Камбісолом, Флювісолом, Глейсолом та Солонцем. Геоморфологічні предиктори здатні ефективно диференціювати вищезазначені типи ґрунтів, що дозволило створити ґрунтову карту заповідника на основі точкових даних. Висота рельєфу є найбільш значущим предиктором, який відображає неоднорідність ґрунтоутворюючого матеріалу на мезорівні. Вищі позиції на терасі займають піщані дюни, тоді як нижчі заплавні ґрунти формуються в умовах значної різноманітності ґрунтоутворюючих порід за гранулометричним складом. Індекс топографічного зволоження описує роль рельєфу в перерозподілі води, що надходить до ґрунту з атмосфери. Флювісол і Солонець формуються в умовах акумуляції води атмосферного походження, тоді як Глейсол і Камбісол формуються в умовах відтоку води атмосферного походження. Вертикальна відстань до руслової мережі вказує на роль

ґрунтових вод як джерела водопостачання ґрунту. Солонець і Глейсол формуються в умовах близького залягання ґрунтових вод до поверхні ґрунту.

РОЗДІЛ 4. РІЗНОМАНІТНІСТЬ ҐРУНТІВ ДОЛИНИ РІЧКИ ДНІПРО (НА ПРИКЛАДІ ЗАПОВІДНИКА «ДНІПРОВСЬКО-ОРІЛЬСЬКИЙ»)

4.1. Геоморфологічна характеристика досліджуваної території

Інформація про різноманіття та провідні чинники формування ґрунтового покриву важлива для розуміння сучасного стану та розробки стратегій збереження річок та ландшафтів, сформованих їх діяльністю [189,190]. Ґрунти в заплавах річок та прибережних зонах забезпечують важливі екосистемні функції та послуги [191]. Розуміння природної мінливості властивостей ґрунтів є основою для розробки ефективних програм моніторингу для оцінки потенційних змін властивостей прибережних ґрунтів. Таким чином, управління заплавами змістилося від контролю над річками до відновлення річок і заплав [192]. Управління прибережними системами для відновлення екосистемних послуг ґрунтів залежить від визначення ефективних екологічних індикаторів, які можуть бути застосовані як міра прогресу на шляху до відновлення [193–195].

Звивистість та розгалужування річок були поширеними типами руслових форм в Європі в пізньому пленігляціалі (~30 000-14 700 тис. р.т. - "каліброваних років до теперішнього часу"), пізньому льодовиковому періоді (14 700-11 700 кал.р.т.), та голоцені [196]. У багатьох частинах європейського континенту збереглися добре розвинені системи терас. На відміну від них, річки в межах Східноєвропейської платформи мають великий осадовий архів, який не зберігся у вигляді терасових сходинок [197]. Замість цього вони утворюють пакети осадових порід, які ніколи не перевищують кілька десятків метрів вище або нижче сучасного рівня річки. Різні стилі збереження флювіальних архівів мають велике значення для стратиграфії четвертинного періоду [198]. Долини річки Дніпро є одними з молодих і найдинамічніших форм рельєфу. Вони сформувалися ще в голоцені і продовжують активно розвиватися [199]. У межах голоцену виявлено три

палеогідрологічні епохи тисячолітнього масштабу: (1) висока активність 12000-8000 тис. р. т., що характеризується великими річковими палеосистемами; (2) низька активність 8000-3000 тис. р. т., що характеризується формуванням зональних ґрунтів на заплавах; короткі епізоди високих паводків відбувалися між 6500-4400 тис. р. т.; (3) контрастні гідрологічні коливання, починаючи з 3000 тис. р. т., з періодами високих паводків між 3000-2300 (2000) і 900-100 тис. р. т., розділеними тривалим інтервалом низьких паводків 2300 (2000)-900 тис. р. т., коли заплави не затоплювались і формувалися зональні ґрунти. У минулому тисячолітті виділено чотири столітні інтервали: високі повені відбувалися з середини XI до середини XV століття та з середини XVII до середини XX століття. Періоди активних повеней, подібні до теперішніх, відбувалися в середині XV до середини XVII століття та з середини XIX століття до сьогодні [200]. Екосистеми долин є складними природними комплексами зі значною просторовою мінливістю [201–203]. Ґрунти долинних ландшафтів зазнають впливу від ерозійних процесів [204] та седиментаційних явищ [205], а також від трансформації та переміщення матерії [206], що загалом призводить до постійного впливу, який формує пласти і шари піщаних або глинистих відкладень та різного ступеня накопичення гумусу [151,207]. На ґрунтоутворення заплавних ґрунтів значною мірою впливає формування материнських і ґрунтотворних порід, мінливість рівня ґрунтових вод, минулі й сучасні витрати води, рельєф місцевості, близькість до русла річки або греблі, а також антропогенні фактори [148,208]. Під долинними ґрунтами розуміють складні полігенетичні та поліхронні утворення [209], які відображають давні етапи літо- і педогенезу та геоморфологічну і геологічну будову річкових долин [210–212].

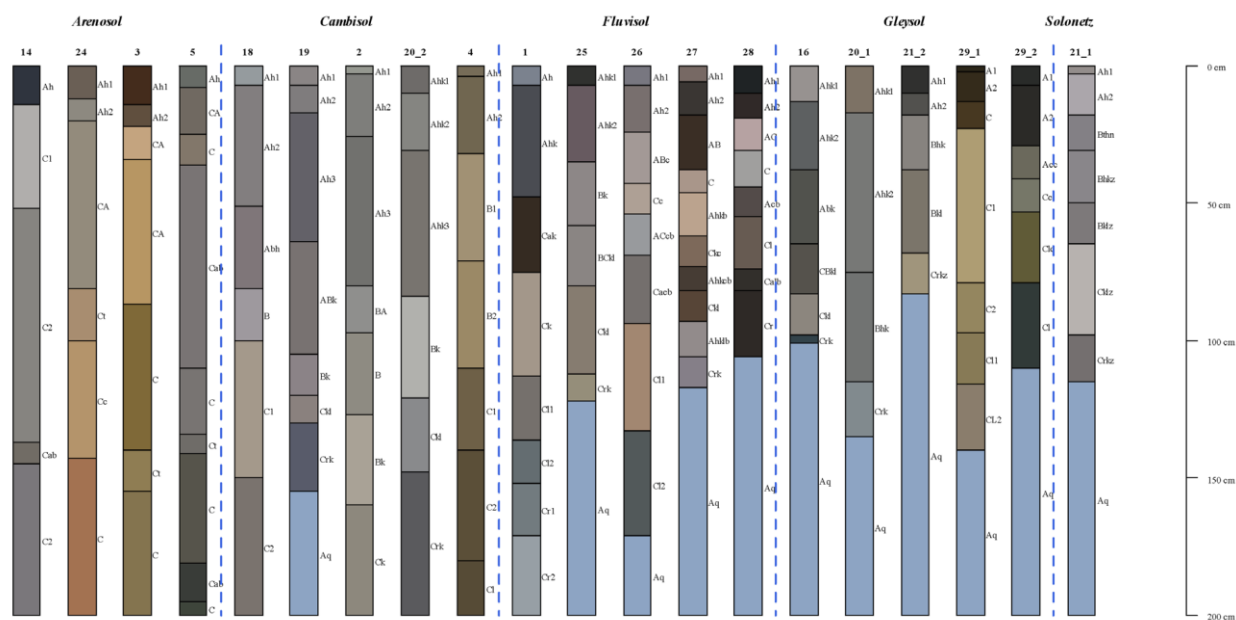
Територія природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» надає унікальну можливість дослідити різноманіття ґрунтів у ландшафтах долини річки Дніпро. Ґрунтовий покрив заповідної території зазнає обмеженого антропогенного впливу, що дозволяє вивчати природні фактори

грунтоутворення в долині річки, зокрема роль Четвертинних відкладів як материнського матеріалу. За національною класифікацією, ґрунтовий покрив долини Дніпра утворений комплексом алювіальних лучних, алювіальних дернових, дерново-болотних, лучних, лучно-болотних, болотних і лучно-чорноземних ґрунтів [151,213]. Інформація про різноманіття ґрунтового покриву в долині Дніпра за міжнародною класифікацією WRB є фрагментарною і потребує подальшого розширення та узагальнення.

4.2. Морфологічний опис ґрунтів за міжнародною класифікацією WRB

Четвертинні відклади долини Дніпра характеризуються геологічною молодістю та динамічністю рельєфоутворюючих процесів, що визначає їх вирішальну роль як материнських порід у формуванні різноманіття ґрунтів в долині. Вивчення морфологічної структури 20 ґрунтових профілів (додаток 2) у різних частинах долини показало, що ґрунтовий покрив чітко пов'язаний з геоморфологічною структурою річкової долини. За даними WRB, ґрунтовий покрив надзаплавних терас утворений переважно флювісолами та глейовими ґрунтами, ґрунтовий покрив надзаплавних терас представлений переважно ареносолами та локально де гранулометричний склад супіщаний, представлені камбісолі. Заплава річки Протока вкрита солонцем. Морфологічні характеристики типових профілів цих ґрунтів відображають їх структуру, властивості, генезис та визначають класифікаційне положення ґрунтів за WRB (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1. Профілі ґрунтів. Наведено кольори ґрунтів, наближені до природних.



Примітки: Ареносол: 3 - евтричний ареносол (еоловий, охристий); 5 – евтричний ареносол (еоловий, вохристий, таптохристий); 14 - евтричний ареносол (еоловий, вохристий, таптохристий); 24 - евтричний ламелевий ареносол (еоловий, вохристий); Камбісол: 2 - евтричний камбісол (гуміновий, суглинистий); 4 - евтричний камбісол (суглинистий, вохристий); 18 – евтричний камбісол (гуміновий, суглинистий); 19 - евтричний камбісол (аренічний, протокальцієвий, гуміновий); 20_2 - евтричний камбісол (аренічний, протокальцієвий, гуміновий); Флювісол: 1 - евтричний пантофлювіальний флювісол (протокальцієвий, гуміновий, суглинковий); 25 - евтричний глейовий пантофлювіальний флювісол (протокальцієвий, гуміновий, суглинний, нехічний); 26 - евтричний глейовий пантофлювіальний флювісол (аренічний, охристий, таптоохристий); 27 – евтричний глейовий пантофлювіальний флювісол (протокальцієвий, гуміновий, суглинистий, таптоохристий); 28 - евтричний глейовий пантофлювіальний флювісол (гуміновий, суглинний, таптоохристий). Глейсол: 16 - евтричний флювіальний кальцієво-моллюсковий глейсол (гуміновий, суглинковий); 20_1 - евтричний кальцієво-моллюсковий глейсол (гуміновий, суглинковий); 21_2 - евтричний флювіальний кальцієво-молитовний глейсол (аренічний, гумусовий, соляний), 29_1 - флювіальний глейсол (аренічний, вохристий); 29_2 - евтричний флювіальний молитовний глейсол (гуміновий, суглинистий). Солонець: 21_1 - вапняно-моллюсно-глейовий солонець (флювіальний, гумусовий, суглинковий).

Ареносоли

Розрізи Ареносоли були розташовані на висоті рельєфу 62,0 - 70,2 м ($65,6 \pm 3,8$ м). Рівень ґрунтових вод становив 3,3-12,6 м ($7,7 \pm 3,9$). Профіль ареносолів представлений горизонтами Ah, CA (іноді A/C), CAb і C. Горизонт Ah розташовувався в діапазоні глибини залягання ґрунту 0-52 см (в середньому 0-23,5 см). Зазвичай це темно-сірий, сухий, неагрегований пісок.

Горизонт мав пухку консистенцію, сильно переплетений корневими системами трав'янистих рослин. Горизонт однорідний або диференційований на підгоризонти Ah1 та Ah2. Перехід до наступного горизонту різкий за кольором. Перехідний горизонт СА розташовувався в діапазоні глибини ґрунту 15-84 см (в середньому 21,0-56,8 см). Похований горизонт САб залягав у діапазоні глибини ґрунту 36-200 см (в середньому 108,5-155,0 см). Горизонт С починався на глибині 52 см (в середньому 124,2 см). Іноді він містив конкременти або вузлики чи зцементовані залізом ламели (псевдоволокна). Псевдоволокна залізоцементованих ламелей знайдені на глибині 118-132 см. Горизонт С іноді був представлений двома підгоризонтами, які відрізнялися за складом: верхній підгоризонт зазвичай був пухким, а нижній підгоризонт злегка твердим.

Камбісолі

Розрізи Камбісолів розташовані на висоті 51,1-66,5 м ($59,4 \pm 4,6$ м). Рівень ґрунтових вод становив 1,6-8,1 м ($3,4 \pm 2,6$ м). Профіль Камбісолів представлений горизонтами А, перехідними горизонтами (АВ, АС, А/С, СА), В, перехідними горизонтами (ВС, СВ) та корінними породами С. Горизонт А сягав глибини 106 см, із середнім значенням 45,2 см. Сірий, сухий супісок. Слабо агрегований, розсипчастий, окремі агрегатні одиниці скріплені скупченням корінців злаків, структура зернисто-пилувата. Пухка консистенція, сильно переплетений корневими системами трав'янистих рослин. Горизонт був або однорідним, або міг бути розділений на 2 або 3 підгоризонти. Перехід між підгоризонтами різкий і хвилястий за кольором, структурою та насиченістю коренів. Горизонт В коливався від 18,0 до 114,8 см (в середньому від 49,0 до 77,8 см). Горизонт В однорідний або диференційований на два підгоризонти. Горизонт С починався на глибині 31 см (середня глибина 106,3). Горизонт С однорідний або диференційований на два підгоризонти. Перехід між підгоризонтами різкий з точки зору текстури та кольору. На глибині понад 180 см знайдено клейкий, сірувато-сірий пісок рихлої консистенції.

Флювісолі

Розрізи флювісолів розташовані на висоті 53,6-59,0 м ($53,4 \pm 2,1$ м). Рівень води становив 1,1-2,2 м ($1,5 \pm 0,5$ м). Профіль флювісолів представлений горизонтами А, перехідними горизонтами (АВ, АС, СА), В та перехідним горизонтом ВС і корінними породами С. Горизонт А простягався від поверхні до глибини 106 см, але в середньому товщина цього горизонту становила 43,0 см. Горизонт темно-сірий, добре структурований, грудкувато-зернистий і містив копроліти. Мав пухку консистенцію, рясно переплетений з корневими системами трав'янистих рослин. Горизонт може бути однорідним або складатися з двох підгоризонтів. Перехід між підгоризонтами плавний за складом. Горизонт В зазвичай слабо виражений, найчастіше зв'язок між горизонтом А і горизонтом С відбувається через перехідні горизонти. Поховані горизонти виявлено на глибинах 44-55 та 74-82 см. В даному горизонті встановлено сліди оглеєння. У безпосередній близькості до підземних вод сформувався алювіальний глейовий горизонт з сильними відновлювальними умовами.

Глейсолі

Розрізи Глейсолів розташовані на висоті 52,7-60,6 м ($55,6 \pm 3,1$ м). Рівень ґрунтових вод становив 0,2-1,4 м ($0,96 \pm 0,21$ м). Профіль Глейсолів представлений горизонтами А, перехідними горизонтами (АВ, А/С), В, перехідним горизонтом СВ та корінними породами С. Горизонт А простягався від поверхні до глибини 56,6 см, середня товщина цього горизонту становила 20,8 см. Горизонт А - це поверхневий гумусово-аккумулятивний, дерновий горизонт. Колір горизонту від коричневого до темно-сірого. Супісок. Погано ущільнений, рясно переплетений трав'янистими корневими системами та гниючим листям. Дрібно- та крупнозернисті агрегати легко розпадалися при натисканні. Матеріал горизонту легко відокремлюється від наступного горизонту. Перехід до наступного горизонту різкий за кольором, структурою та кореневою системою. Горизонт А зазвичай поділяється на два підгоризонти. Перехід

між підгоризонтами позначений різкою зміною кольору, а межа має хвилеподібну форму. Перехід горизонту сірий з темно-сірими та іржавими плямами. Вологий, супісок. Безструктурний, пухкої щільності. Виявлено деякі коріння кущів і дерев. Перехід до наступного горизонту у кольорі поступовий і нечіткий. Знайдено кілька алювіальних горизонтів. Перший алювіальний горизонт був світло-сірого кольору з іржавими плямами неправильної форми, що простягаються переважно горизонтально. Він вологий, піщаний, безструктурний і погано ущільнений. Зустрічалося коріння деревних видів. Перехід до наступного горизонту безбарвний, нечіткий і мав ширину 2-3 см. Другий горизонт алювіальних пісків був вологим. Він забарвлений в іржаво-сірий, сірувато-блакитний і коричневий колір. Горизонт представлений шарами гумусового матеріалу товщиною 0,5-1 см з інтервалом 1,5-2 см фонового забарвлення. Темніші шари товщиною 0,5-1 см чергуються зі світло-сірим матеріалом товщиною 1,5-2 см. Горизонт складався з сипучого піску, безструктурного. Виявлено коріння деревних видів. Перехід до наступного горизонту був за кольором і вологістю. Алювіальний глеуватий піщаний горизонт мав сірувато-блакитний, іржаво-сірий, темно-сірий колір, що характерно для умов відновлення. Горизонт мав пухку структуру з горизонтальними темно-сірими глейовими плямами та іржавими нашаруваннями. Нижче горизонту залягали ґрунтові води.

Солонець

Солонець виявлений у заплаві річки Протока. Основна порода - алювіальний пісок. Рівень залягання ґрунтових вод 120 см. Виявлено деякі сліди ґрунтових безхребетних, які не мали значного впливу на змішування горизонтів. Існує тенденція до оглеєння у вигляді червоних плям на глибині нижче 98 см. Ніяких видимих формувань не було, карбонатних уламків чи скупчення солей. Ґрунт щільний та однорідний. Генетичний тип профілю - елювіально-ілювіальний диференційований. Кипіння відбувалося після внесення HCl з глибини 31 см. Профіль Солонця представлений горизонтами А, В та алювіальними породами С. Горизонт А загальною потужністю до 18

см диференційований на два підгоризнти. Структура сіра, дернова, зернисто-пилувата, пухка, сильно переплетена кореневими системами трав'янистих рослин. Горизонт В коливався від 18,0 до 65,0 см. Він диференційований на засолений ілювіальний глинисто-гумусовий (темно-сірий, злитий, вертикальні тріщини шириною 0,5 см, що утворюють подушечки шириною 12-15 см), субсолонцюваті та карбонатні солонцюваті (з плямами оглеєння) підгоризнти. Алювіальний горизонт С диференційований на два підгоризнти на основі гранулометричного складу, кольору та інтенсивністю блиску, а також підземні води виявлено з глибини 115 см.

4.3. Багатовимірне масштабування

Багатовимірне масштабування дозволило виконати ординацію ґрунтів у просторі двох вимірів (Рисунок 4.1). Розмірність 1 диференціює ґрунт за градієнтом рельєфу, висотою та/або рівнем вологості. Вищі значення розмірності 1 відповідають автоморфним ґрунтам з переважно атмосферним зволоженням (Ареносол), а нижчі - гідроморфним ґрунтам з ґрунтовими водами (Флювісол, Глейсол і Солонець). Камбісол займав проміжне положення. Розмірність 2 диференційовані гідроморфні ґрунти. Вищі значення розмірності 2 відповідали Глейсолу, а нижчі значення відповідали Солонцю та Флювісолу.

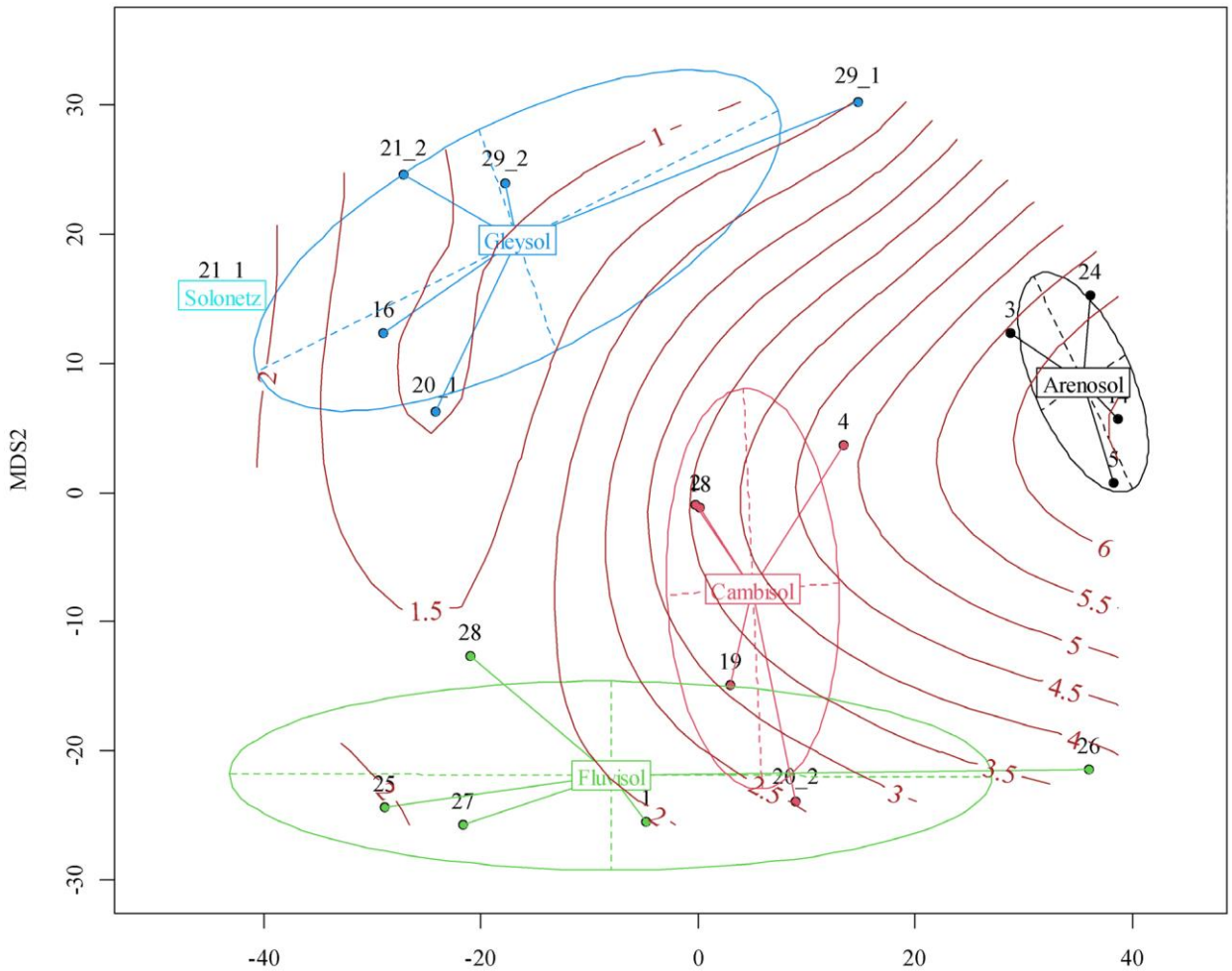


Рисунок 4.1. Розташування ґрунтів у просторовому вимірі, отриманому за результатами неметричного багатовимірної масштабування. Коричневим кольором позначено рівень ґрунтових вод (м).

4.4. Перехід властивостей ґрунту в градієнті багатовимірної розмірності

У градієнті розмірності 1 основні зміни ґрунтового профілю були пов'язані з горизонтами В і С та похованим горизонтом А (Рисунок 4.1).

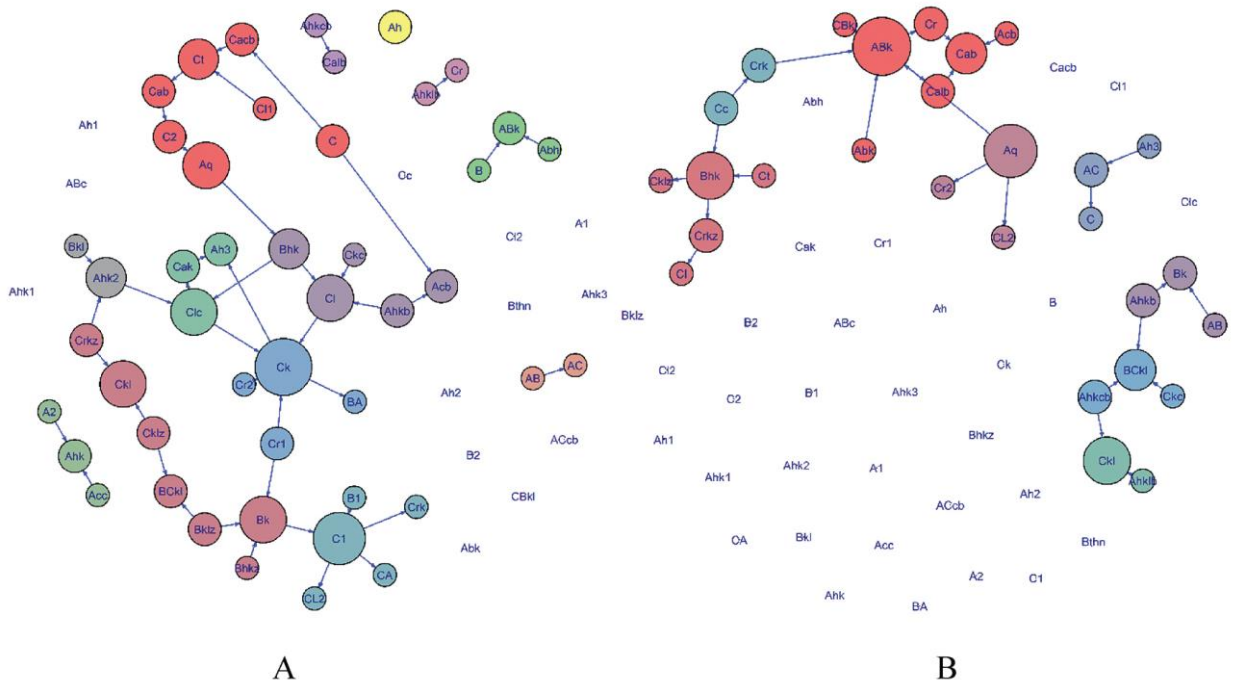


Рисунок 4.1. Графік зв'язків між ґрунтовими горизонтами на основі матриці переходу в градієнті розмірності, отриманий після багатовимірного масштабування: А - градієнт MDS1; В - градієнт MDS2.

Важливе взаємопов'язане скупчення горизонтів складала горизонти з карбонатними ознаками. Послідовний перехід ґрунтів за градієнтом розмірності 1 супроводжувався зміною кольору ґрунтів. Матриця переходу кольорів представлена кластерами "глейових" кольорів, які представлені різними варіантами сірого кольору та кластером різних варіантів коричневого кольору (Рисунок 4.2). У градієнті розмірності 2 важливим фактором в організації ґрунтового профілю є глибина залягання ґрунтових вод, яка безпосередньо впливає на горизонти АВ та С. Окреме скупчення взаємопов'язаних переходів утворюють горизонти А, В, ВС і С. Зміни в структурі профілю супроводжувалися зміною кольору горизонтів. У градієнті розмірності 2 трансформації коричневого та сірого кольорів описано як один кластер.

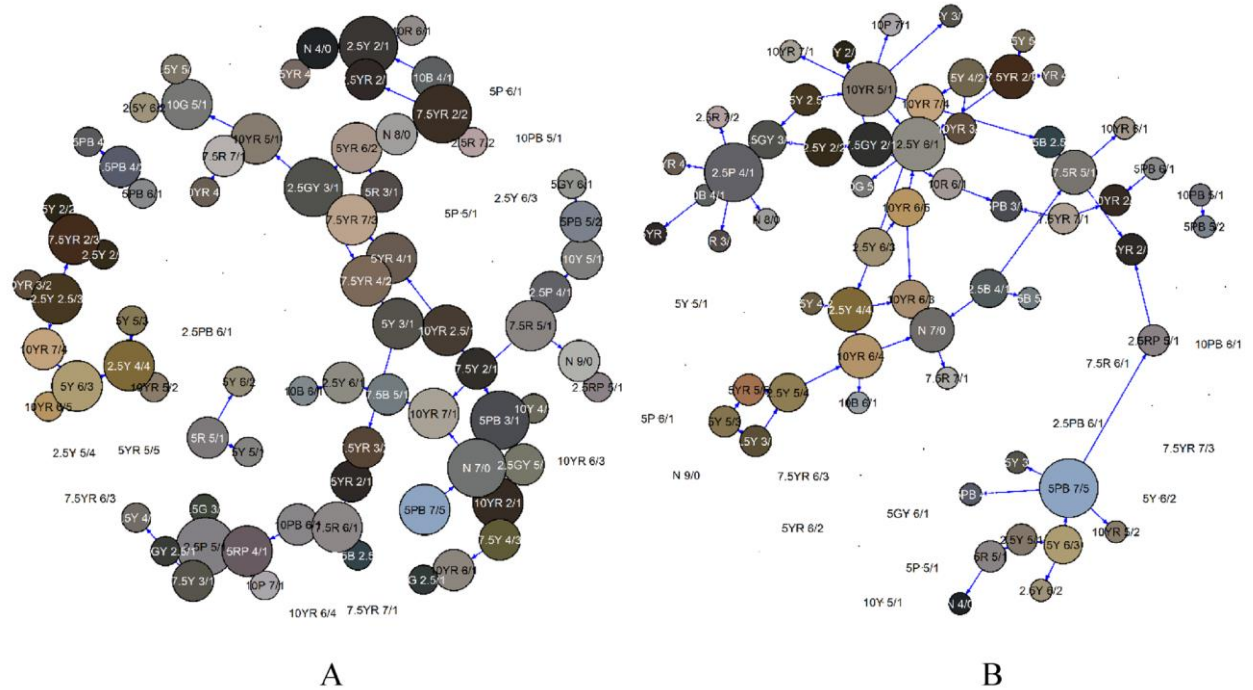


Рисунок 4.2. Графік співвідношень між кольорами ґрунту на основі матриці переходів у градієнті розмірності, отриманої після багатовимірного масштабування. Кольори показані близькими до природніх. Кольорове кодування наведено за Munsell: А - градієнт MDS1; В - градієнт MDS2.

4.5. Характеристика ґрунтів долини Дніпра на обох рівнях

Заплави і тераси разом займають значну частину річкової долини. Заплави - це території, що прилягають до річки, утворені річкою в її сучасному гідрологічному режимі і затоплюються під час паводків [181]. Тераси - це колишні та занедбані заплави, які недостатньо інтегровані в існуючий гідрологічний режим річки [214]. Флювіальні тераси – це ступінчасті форми рельєфу, які знаходяться на більшій висоті, ніж поточний рівень води і являють собою залишки покинутих заправ, дно долин або русел річок, сформованих попередньою стадією ерозії або відкладень [215,216]. Рельєф і алювіальні відклади терас фіксують довготривалі геоморфологічні та гідрологічні реакції на кліматичну та тектонічну історію [217].

Піщаний і супіщаний механічний склад алювіальних та еолових відкладів характерний для ґрунтів Дніпровської надзаплавної тераси, що зумовлює слаборозвинений і слабо диференційований профіль Ареносолей А-С або А-СА-С профіль. Еталонна група ґрунтів WRB Ареносолей мають піщану текстуру по всій глибині ґрунтового профілю. Пластинчастість визначається як основний кваліфікатор на другому рівні класифікації через наявність тонких червонуватих прошарків у нижній частині профілю, що призводить до високого вмісту глинистої фракції та сполук заліза. Ламели (або псевдоволокна) мають педогенне та петрогенне походження і є типовим елементом морфологічної будови піщаних ґрунтів різних природних зон [218–221]. Псевдоволокна характерні для супіщаних і піщаних ґрунтів різних природних зон [222]. Псевдоволокна можуть запобігти інфільтрації вологи навесні [223]. Поява конкрецій у ґрунтовому профілі свідчить про контрастний застійно-просочувальний режим [223]. Псевдоволокна зустрічаються у всіх досліджених профілях Ареносолей, але переважно нижче 100 см, тому їх не обов'язково включати як кваліфікатор. Вітрова діяльність формує еолові форми рельєфу на поверхні первісних алювіальних піщаних наносів (додаткові ознаки Aeolic), що зумовлює наявність у профілі похованих гумусових шарів (додаткові ознаки Thaptoochric). Флювіальні та еолові дії впливають на геоморфологічні умови річкових долин [224–226], що є одним із фактором формування ґрунтового покриву. Еталонний ґрунт WRB група Камбісолей формуються в ерозійних елементах арени, в умовах супіщаного (або значно рідше суглинистого) механічного складу материнської породи з більшим вмістом глинистої фракції порівняно з умовами, в яких формуються ареносолей. Збільшення вмісту глинистої фракції в поєднанні з іншими факторами призводить до більш складної та диференційованої структури генетичного профілю камбісолей: А-В-С або А-АВ-С та формування діагностичного кембрійського горизонту. У деяких профілях камбісолей спостерігаються незначні скупчення вторинних карбонатів кальцію, що відповідає Protocalcic додатковому кваліфікатору.

Періодичне відкладення алювіального матеріалу та високий рівень ґрунтових вод відіграє важливу роль у генезисі заплавних ґрунтів [21,32,227,228]. Довідник WRB група ґрунтів Флювісолі діагностується за наявністю флювіального матеріалу товщиною ≥ 25 см з глибини ≤ 25 см від поверхні ґрунту. Періодичність алювіальних відкладів зумовлює літологічну неоднорідність, шарувату будову профілю флювісолів та наявність похованих шарів. Відповідно, структура генетичних профілів алювіальних ґрунтів характеризується значною різноманітністю. Глибина залягання алювіальних відкладів у заплаві Дніпра перевищує 100 см, що відображено у головних кваліфікаторах Pantofluvic відкладів. Залежно від топографії, профілі флювісолів можуть показувати високі рівні ґрунтових вод і пов'язані з ним глейові властивості, починаючи з глибини ≤ 75 см від поверхні ґрунту. У деяких флювісолах спостерігаються незначні скупчення вторинних карбонатів кальцію (додаткові ознаки Protocalcic) та поховані шари гумусу (додаткові ознаки Thaptoochric).

Еталонна група ґрунтів WRB Глейсолі утворюються під впливом підземних вод [229], що призводить до появи глейових якостей починаючи з глибини 40 см від поверхні і сильно відновлюваними умовами в нижній частині профілю. Генетичний профіль має типову структуру A-B1-Cr, A-SA1-Cr. Більшість вивчених глейсолів характеризуються основними кваліфікаторами, Fluvic (наявність флювіального матеріалу в шарі починаючи з глибини ≤ 75 см від поверхні ґрунту) та Calcic (наявність кальцієвого горизонту з верхньою межею ≤ 100 см від поверхні ґрунту). У деяких профілях соляний горизонт виявляється з глибини ≤ 100 см від поверхні.

Наявність діагностичного природного горизонту в межах ≤ 100 см від поверхні ґрунту є визначальною характеристикою RSG Солонця. Класифікація солонецьких зразків відображає вплив мінералізованих підземних вод та насиченість карбонатом кальцієм (основні кваліфікатори Gleuc та Calcic), алювіальне походження та супіщаний гранулометричний

склад материнської породи (додаткові кваліфікатори Fluvic та Loamic). Генетичний профіль має наступну структуру A-Btn-Blz -Crz.

Таким чином, положення ґрунтів долини Дніпра на обох рівнях класифікації визначається фізичними і хімічними властивостями та геологічною молодістю материнських порід. Ґрунти, що належать до RSG Ареносолі та Флювісолі діагностуються на основі властивостей і походження материнської породи. При діагностиці глейсолів RSG водний режим і властивості глейсів визначаються особливостями рельєфу річкової долини, сформованого четвертинними відкладами різного віку, потужності та літології. Структура профілю і властивості камбісолів RSG також значною мірою визначаються геологічною молодістю та гранулометричним складом материнських порід. Ґрунти долини характеризуються насиченістю основами (основними кваліфікаційними ознаками Eutric), що пов'язано зі складом материнських порід, хімічним складом ґрунтових вод та кліматичними умовами степової зони України. Крім текстури, успадкованої ґрунтами від материнських порід (додаткові кваліфікатори Arenic та Loamic), виділяють ряд інших основних (Fluvic, Lamellic, Gleyic, Calcic) та додаткових (Aeolic, Protocalcic, Thaptoochric) ознак, що пов'язані з властивостями четвертинних відкладів.

Вивчення взаємозв'язку між генетичними типами ґрунтів і ґрунтовою фауною становить інтерес для подальших досліджень. Фрагментарні дослідження в цьому напрямку вже проводились [148,230], але виявлення різноманіття ґрунтового покриву створює основу для розуміння впливу ґрунтів та угруповань ґрунтової макрофауни.

Висновки до розділу

1. Показано, що четвертинні відклади долини Дніпра є основним чинником формування різноманіття та структури ґрунтового покриву природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Флювіальні та еолові процеси визначають геоморфологічні особливості долини, зокрема рельєф і розподіл алювіальних, алювіально-делювіальних, еолових та болотних четвертинних відкладів. Основними властивостями корінних порід як фактора ґрунтоутворення в долині Дніпра є геологічна молодість, переважання піщаного та супіщаного механічного складу, шаруватість відкладів та особливості рельєфу, сформованого четвертинними відкладами (які визначають рівень ґрунтових вод).

2. Різноманітність ґрунтів долини за класифікацією WRB представлене переважно ареносолами, камбісолами, флювісолами та глейовими ґрунтами. Властивості четвертинних відкладів визначають положення ґрунтів на обох рівнях класифікації (референтні групи, основні та додаткові кваліфікатори). Розподіл кожної з референтних груп чітко пов'язаний з геоморфологією долини. Ґрунтовий покрив надзапlavної тераси формують ареносоли та камбісоли, тоді як флювісоли та глейсоли зустрічаються переважно в заплаві.

РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ ДОЩОВИХ ЧЕРВ'ЯКІВ НА АГРЕГАТНУ СТРУКТУРУ ҐРУНТУ

5.1. Фізичні властивості ґрунтів

Агрегатна структура

Агрегатна структура ґрунту визначається розмірами, формою та взаємним розташуванням окремих ґрунтових частинок, таких як пісок, глина, мул та органічні речовини [231–233]. Агрегатна структура впливає на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту [234].

Основні фактори, які впливають на агрегатну структуру ґрунту (додаток 1): ґрунтові шпари та провідність води, великі агрегати (>10 мм) сприяють утворенню шпар та каналів, які полегшують проникнення води та створюють дренаж [235,236], а малі агрегати (<0,25 мм), навпаки, утворюють щільні структури, які можуть обмежувати рух води, що може призвести до затоплення ґрунтів [237]. Другим фактором є аерація [238]. Сприятлива агрегатна структура (0,25-10 мм) допомагає утримувати оптимальний рівень кисню для коренів та мікроорганізмів [239]. Наступний фактор – це вплив мегафауни. Рух тварин по поверхні ґрунту призводить до компактації та утрамбовування верхніх шарів ґрунту [236]. Це може призводити до утворення щільних агрегатів або зниженню ґрунтових шпар. Також деякі тварини, такі як борсуки, лисиці (Рисунок 5.1) та інші викопують нори, обертаючи та перемішуючи верхні шари ґрунту, це допомагає розбивати агрегати та розподіляти органічні рештки. Четвертим фактором є вплив мікроорганізмів [238]. Діяльність бактерій, грибів та інших мікроорганізмів сприяє формуванню та стабілізації агрегатів [240]. Мікроорганізми виробляють клейові речовини або екзополісахариди (ЕПС), які служать своєрідним "клеєм", який утримує частинки разом [238]. Цей процес сприяє утворенню стійкої структури ґрунту, поліпшуючи його водопроникність та аерацію.



Рисунок 5.1. Знімок нори Лисиці звичайної (*Vulpes vulpes*)
(Дніпровсько-Орільський природний заповідник)

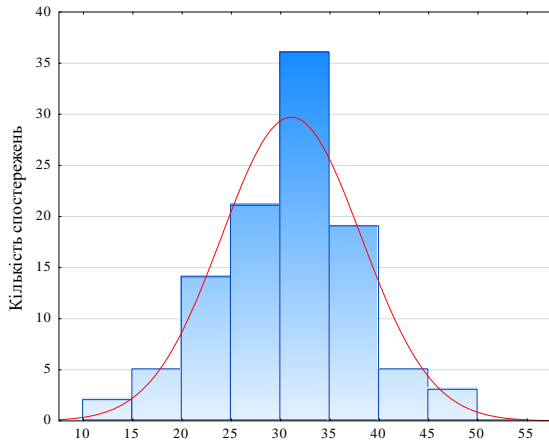
Варіювання рівня вологості

Найбільше середнє значення вологості ґрунту спостерігалось у полігоні № 20 (38,34%), а найменше значення – у полігоні № 24 (1,78 %) (Таблиця 5.1). У полігонах № 19, 20, 24 – розподіл вологості ґрунту був асиметричний. Проміжний розподіл між асиметричним та симетричним – № 16, 26, симетричний розподіл – № 2, 21, 27, 29, 25 (Рисунок 5.2). Статистичний розподіл вологості ґрунту описаний нормальним законом полігони під номером 2, 21, 25, 27, 29 ($D = 0,064$; $p < н.з.$; $D = 0,0708$; $p < н.з.$; $D = 0,0924$; $p < н.з.$; $D = 0,096$; $p < н.з.$; $D = 0,0792$; $p < н.з.$), лог-нормальним описані полігони № 16, 19, 20, 24, 26.

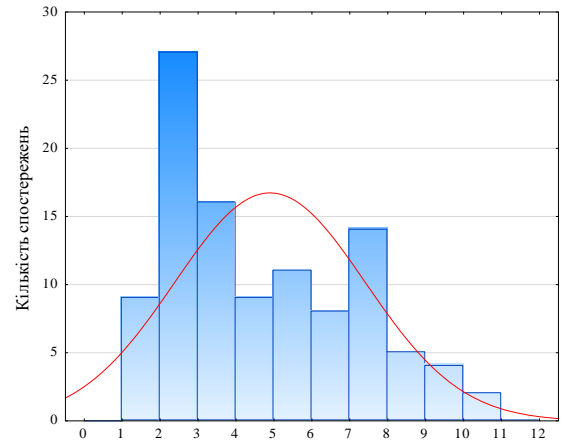
Таблиця 5.1. Описова статистика варіювання вологості ґрунтів природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Номер полігону	Середнє значення±дисперсія (%)	Діапазон		Тест Колмогорова-Смирнова на відповідність нормальному закону
		Мінімум	Максимум	
2	30,96±0,10	14,5	49,4	$D = 0,064; p < \text{н.з.}$
16	4,87±0,10	1,3	10,4	$D = 0,1309; p < 0,1000$
19	6,08±0,10	0,07	19,4	$D = 0,1362; p < 0,0500$
20	38,34±0,10	-1,45	143,9	$D = 0,1779; p < 0,0100$
21	25,5±0,10	14,85	41,9	$D = 0,0708; p < \text{н.з.}$
24	1,78±0,10	0,23	5,99	$D = 0,1547; p < 0,0500$
25	13,7±0,10	7,28	18,47	$D = 0,0924; p < \text{н.з.}$
26	16,46±0,10	-1,66	35,16	$D = 0,1103; p < 0,2000$
27	30,94±0,10	9,63	60,48	$D = 0,096; p < \text{н.з.}$
29	17,56±0,10	15,07	22	$D = 0,0792; p < \text{н.з.}$

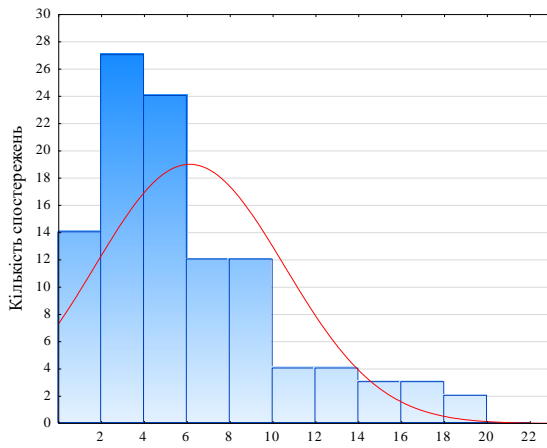
Вологість ґрунту є важливим показником, який відображає кількість води, що міститься в ґрунті [241], [242]. Вологість ґрунту є необхідною для життєдіяльності рослин. Вона забезпечує розчинення поживних речовин у воді, яку коріння рослин засмоктують [243]. Вологість ґрунту сприяє активності ґрунтових мікроорганізмів (бактерії, гриби), які розкладають органічні речовини і сприяють утворенню поживних речовин для рослин [244]. Вологість ґрунту впливає на стійкість ґрунту до ерозії [245]. Недостатня вологість може сприяти появі поверхневої ерозії, коли вода швидко відтікає, не зв'язуючись з ґрунтом [246].



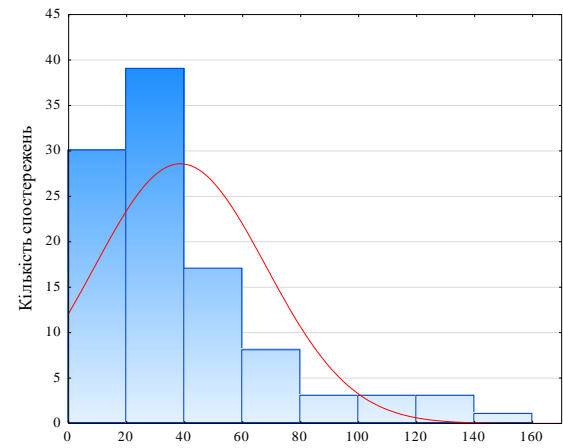
2



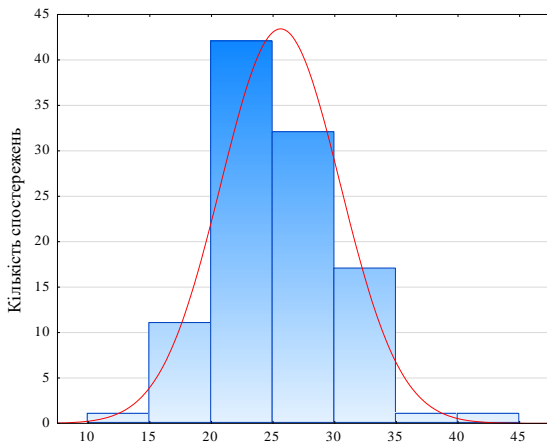
16



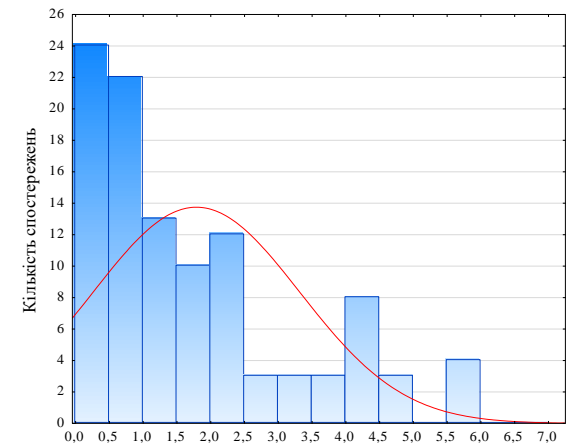
19



20



21



24

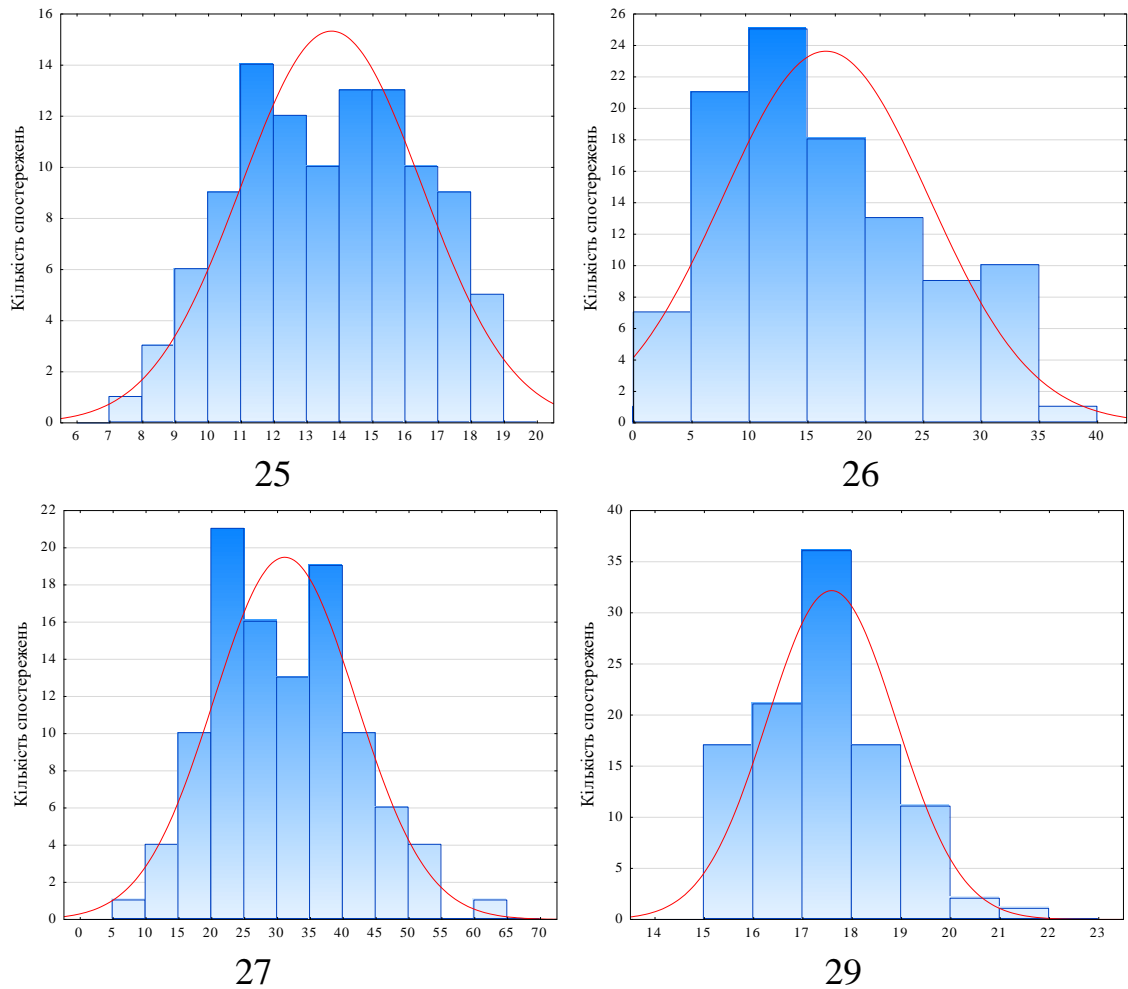


Рисунок 5.2. Гістограми розподілу вологості ґрунту в глейсолів (ПП2,16,19,20,21) та флювісолів (ПП24,25,26,27,29). Ось абсцис – вологість ґрунту, %, ось ординат – кількість спостережень. Загальна кількість спостережень – 105.

Електропровідність

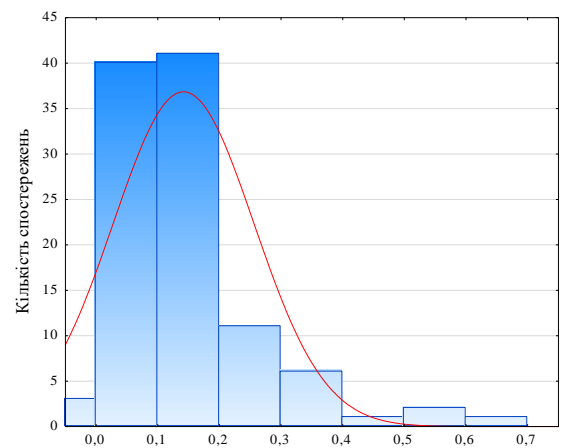
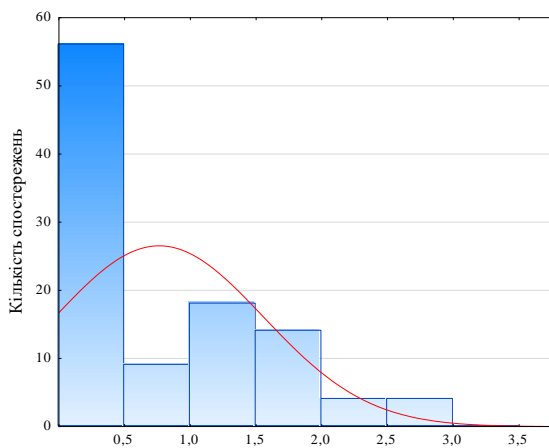
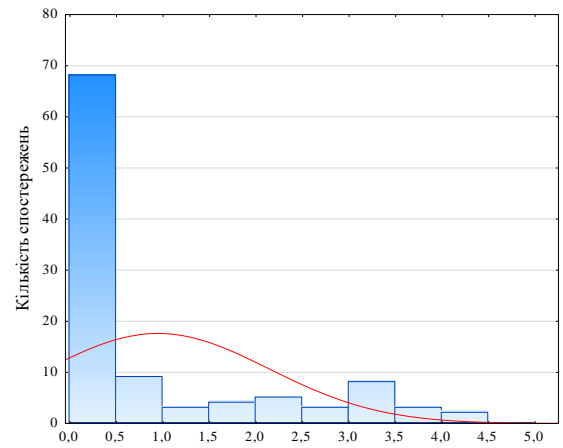
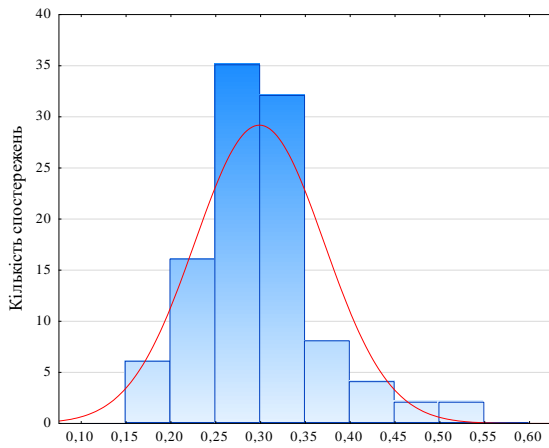
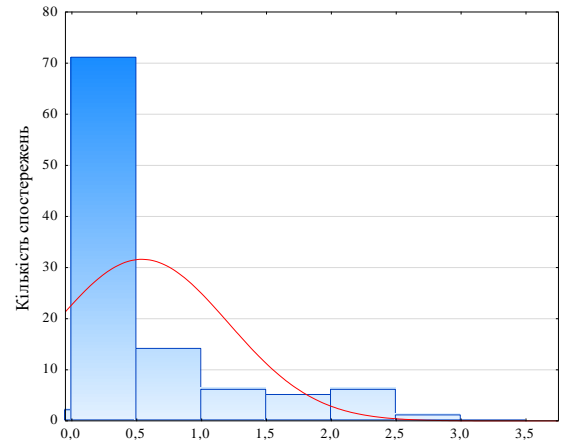
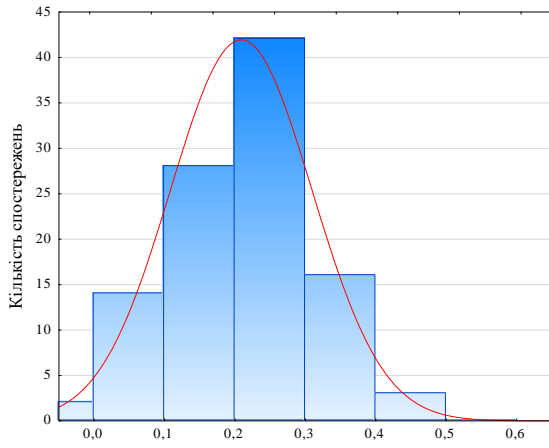
Найбільше середнє значення електропровідності ґрунту спостерігалось у полігоні № 20 (0,94 дСм/м), а найменше значення – у полігоні № 26 (0,13 дСм/м) (Таблиця 5.2).

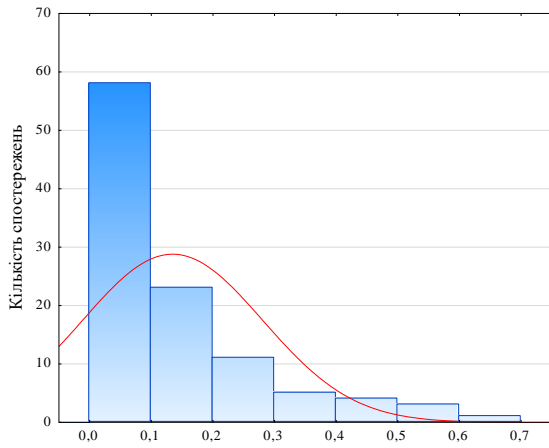
Таблиця 5.2. Описова статистика варіювання електропровідності ґрунтів природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Номер полігону	Середнє значення±дисперсія (дСм/м)	Діапазон		Тест Колмогорова-Смирнова на відповідність нормальному закону
		Мінімум	Максимум	
2	0,21±0,10	0,00	0,47	$D = 0,08; p < \text{н.з.}$
16	0,54±0,10	0,00	2,82	$D = 0,2393; p < 0,0100$
19	0,3±0,10	0,17	0,54	$D = 0,1113; p < 0,1500$
20	0,94±0,10	0,07	4,43	$D = 0,3044; p < 0,0100$
21	0,76±0,10	0,02	2,80	$D = 0,2139; p < 0,0100$
25	0,14±0,10	0,00	0,60	$D = 0,1708; p < 0,0100$
26	0,13±0,10	0,004	0,60	$D = 0,2115; p < 0,0100$
27	0,25±0,10	0,01	0,65	$D = 0,1383; p < 0,0500$
29	0,22±0,10	0,05	0,50	$D = 0,0925; p < \text{н.з.}$

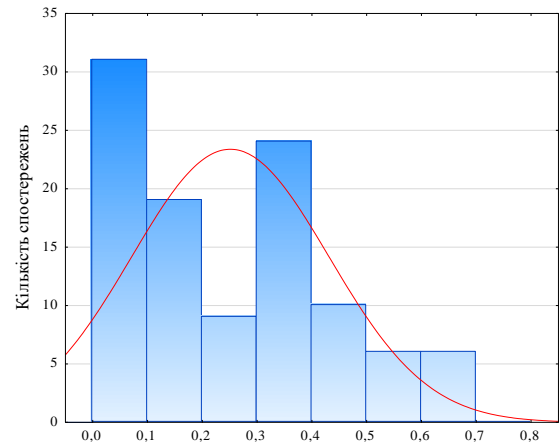
У полігонах № 16, 20, 21, 26 – розподіл електричної провідності ґрунту був асиметричний (Рисунок 5.3). Проміжний розподіл між асиметричним та симетричним – № 25, 27, симетричний розподіл – № 2, 19, 29. Статистичний розподіл електричної провідності ґрунту описаний нормальним законом полігони під номером 2, 19, 29 ($D = 0,08; p < \text{н.з.}; D = 0,1113; p < 0,1500; D = 0,0925; p < \text{н.з.}$), лог-нормальним описані полігони № 16, 20, 21, 26, гамма законом – у полігонах № 25, 27.

Електрична провідність ґрунту залежить від декількох факторів: нерівномірність зволоження, нерівномірність рельєфу, типу ґрунту та мінерального складу [247,248].

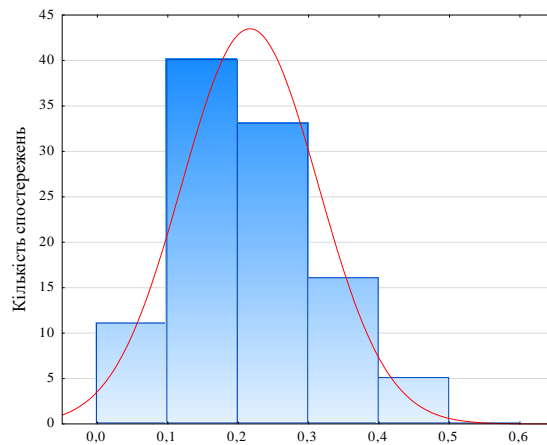




26



27



29

Рисунок 5.3. Гістограми розподілу електричної провідності ґрунту в глейсолів (ПП2,16,19,20,21) та флювісолів (ПП24,25,26,27,29). Ось абсцис – електрична провідність ґрунту, дСм/м, ось ординат – кількість спостережень. Загальна кількість спостережень – 105.

Вода є провідником електричного струму, тому коли ґрунт містить більше вологи, він стає більш здатним проводити електричний струм [249]. Також слід відзначити, що вміст мінеральних солей у ґрунтового розчині, наявність розчинних іонів Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} – збільшують електричну провідність ґрунту [250]. Нерівномірність рельєфу впливає на перерозподіл ґрунтової вологи [164]. На рівні мікрорельєфу утворюються низини, де може накопичуватися волога, що збільшує електропровідність саме у цій ділянці [164]. Гранулометричний склад ґрунту також впливає на варіювання

електричної провідності ґрунту [251,252]. Глинистий ґрунт є кращим провідником порівняно з піщаним або кам'янистим ґрунтом [253]. Вимірювання електропровідності ґрунту допомагає визначити геологічну структуру та властивості ґрунтового покриву. Різні типи ґрунтів мають різну електропровідність, яка пов'язана з їх складом, структурою та вологою. Електропровідність ґрунту дозволяє встановити розташування шарів ґрунту, виявити зони з високим або низьким змістом вологи, визначити глибину підземних вод, оцінити родючість ґрунту, а також діагностувати забруднення ґрунту токсичними речовинами або солями.

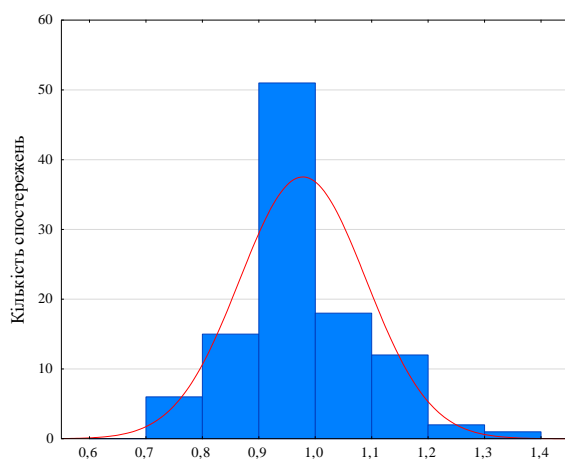
Щільність

Найбільше середнє значення щільності ґрунту спостерігалось у полігоні № 20 (0,7214 г/см³), а найменше значення – у полігоні № 24 (1,3928 г/см³) (Таблиця 5.3). У полігона № 24 – розподіл щільності ґрунту був асиметричний. Проміжний розподіл між асиметричним та симетричним – № 19, 26, 29, симетричний розподіл – № 2, 16, 20, 21, 25, 27 (Рисунок 5.4). Статистичний розподіл щільності ґрунту описаний нормальним законом полігони під номером 16, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 29 ($D = 0,0476; p < н.з.; D = 0,085; p < н.з.; D = 0,0821; p < н.з.; D = 0,0757; p < н.з.; D = 0,0926; p < н.з.; D = 0,0926; p < н.з.; D = 0,0777; p < н.з.; D = 0,076; p < н.з.$), лог-нормальним описані полігони № 2, 24.

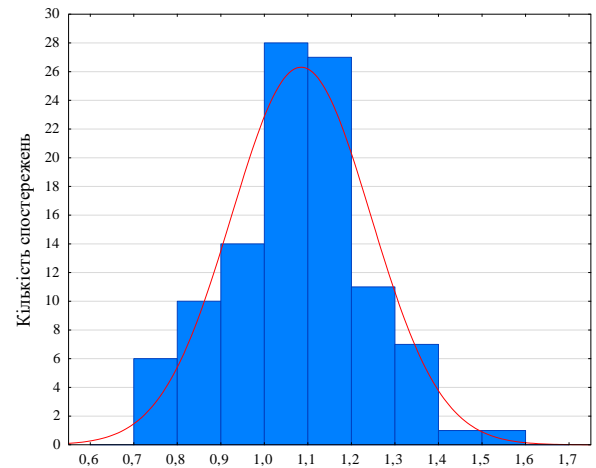
Таблиця 5.3. Описова статистика варіювання щільності ґрунтів природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Номер полігону	Середнє значення±дисперсія (г/см ³)	Діапазон		Тест Колмогорова-Смирнова на відповідність нормальному закону
		Мінімум	Максимум	
2	0,976±0,10	0,7125	1,3056	$D = 0,1108; p < 0,2000$
16	1,082±0,10	0,75	1,5412	$D = 0,0476; p < н.з.$

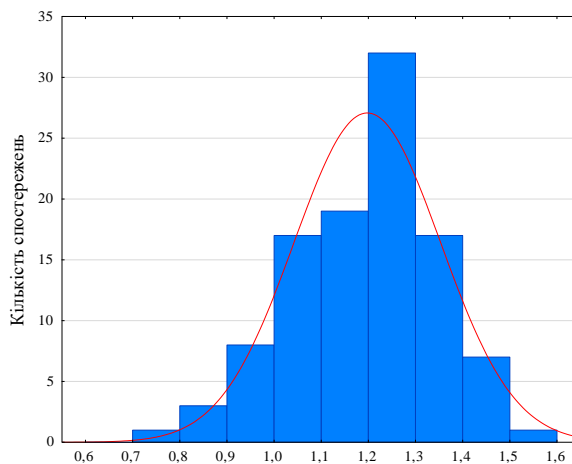
19	1,1945±0,10	0,716	1,51	$D = 0,085; p < н.з.$
20	0,7214±0,10	0,3228	1,071	$D = 0,0821; p < н.з.$
21	0,9045±0,10	0,5759	1,2069	$D = 0,0757; p < н.з.$
24	1,3928±0,10	0,7246	1,6974	$D = 0,1368; p < 0,0500$
25	1,1262±0,10	0,98	1,31	$D = 0,0926; p < н.з.$
26	0,8924±0,10	0,5206	1,4585	$D = 0,0926; p < н.з.$
27	1,0008±0,10	0,43	1,52	$D = 0,0777; p < н.з.$
29	1,1224±0,10	1,0324	1,2	$D = 0,076; p < н.з.$



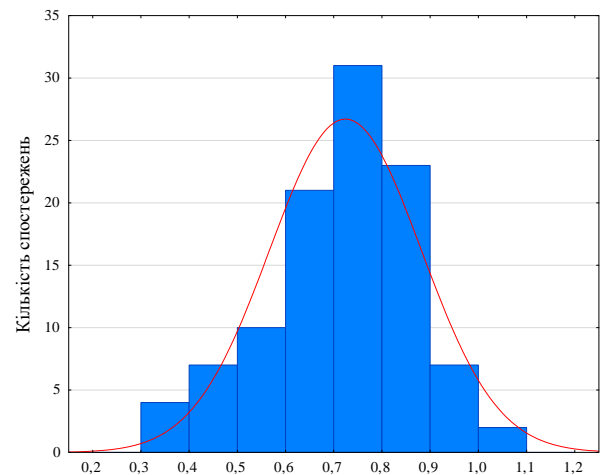
2



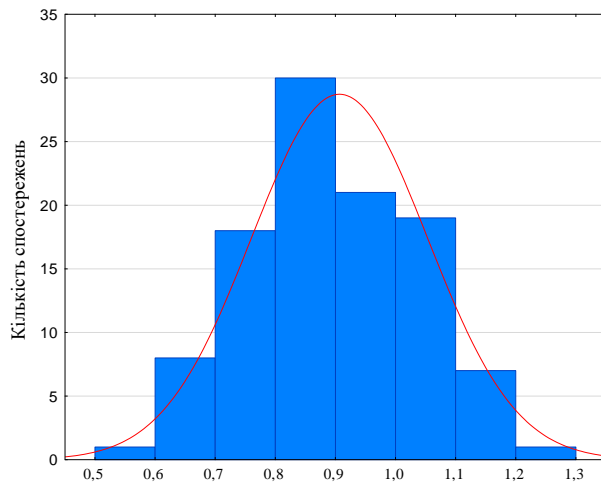
16



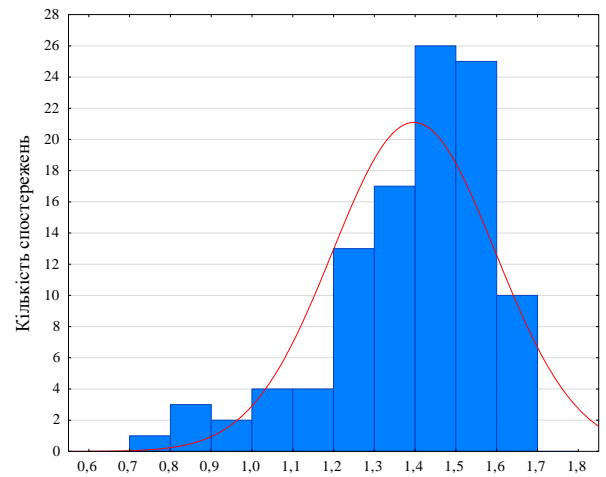
19



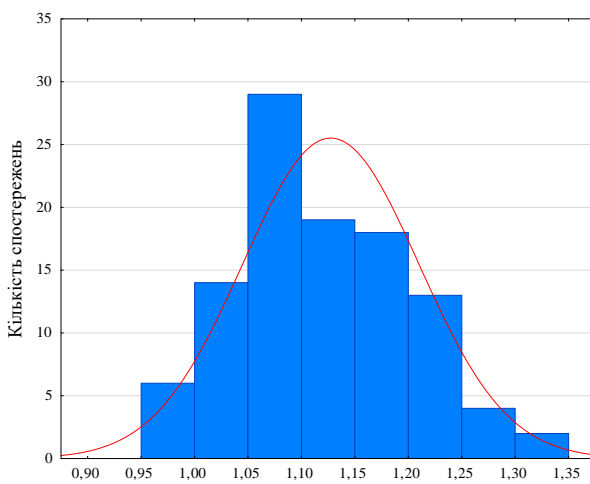
20



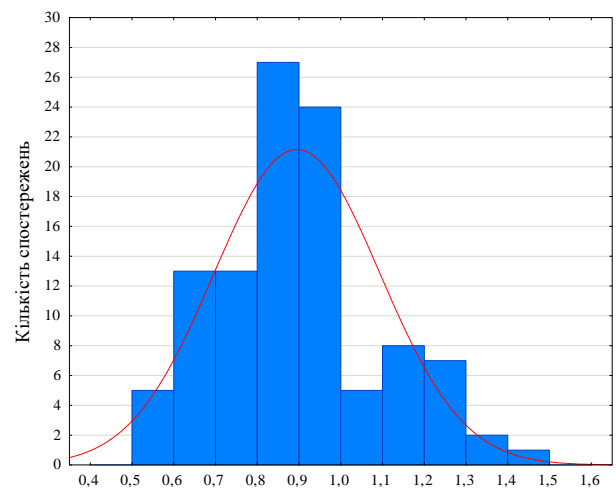
21



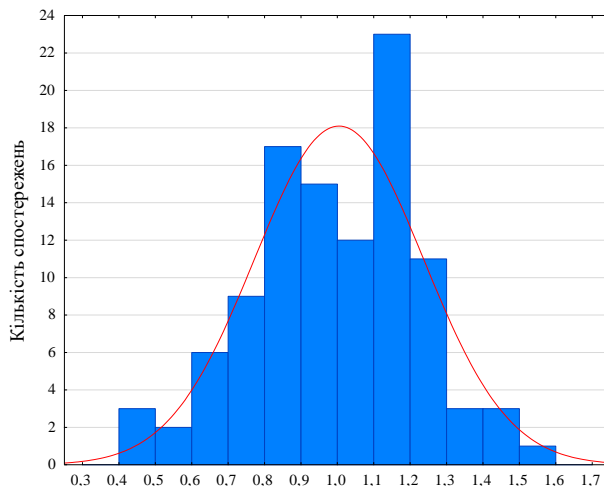
24



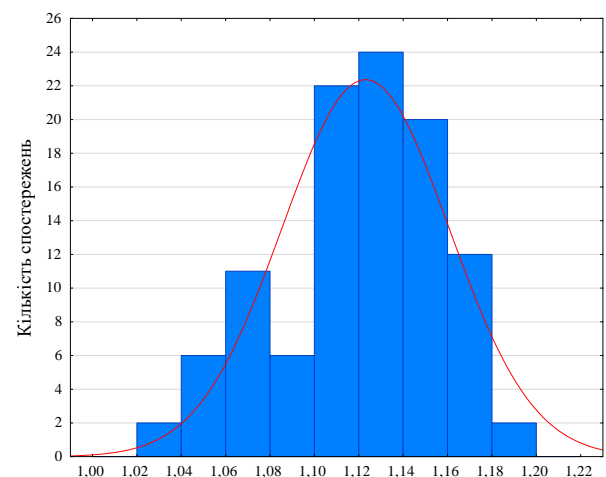
25



26



27



29

Рисунок 5.4. Гістограми розподілу щільності ґрунту в глейсолів (ПП2,16,19,20,21) та флювісолів (ПП24,25,26,27,29). Ось абсцис – щільність ґрунту, г/см^3 , ось ординат – кількість спостережень. Загальна кількість спостережень – 105.

Щільність ґрунту визначається як відношення маси ґрунту до його об'єму [254–256]. Щільність ґрунту залежить від декількох факторів, які впливають на його структуру та властивості: тип ґрунту, вологість, агрегатний склад, тиск та мінеральний склад [257]. Тип ґрунту впливає на щільність ґрунту через його структуру, розмір та форму частинок. Чим більше частинки ґрунту, тим більше простору між ними, що призводить до меншої щільності. Наприклад, піщаний ґрунт менш щільний порівняно з глинистим. Вологість ґрунту має великий вплив на його щільність [258]. Сухий ґрунт зазвичай має більшу щільність, ніж вологий, оскільки вода допомагає зменшити тертя між частинками ґрунту. Розмір та форма агрегатних частинок ґрунту, а також їх властивості (наприклад, глинистість, піщаність), впливають на те, наскільки ґрунт може бути щільним [259]. Тиск, якому піддається ґрунт, також впливає на його щільність [260]. Наприклад, під великим тиском ґрунт може ущільнюватися [261]. Різні мінерали мають форми та розміри часток, це впливає на здатність мінералів нарощувати один одного [262]. Мінерали зі спрямованими частинками (наприклад, сланці) можуть утворювати більш щільний ґрунт через більше «компактне» нарощування.

Щільність ґрунту дозволяє встановити ряд важливих характеристик та властивостей ґрунту: механічну стійкість, пористість, проникність, міцність ґрунтового корпусу.

5.2. Агрегатна структура ґрунту як показник чисельності дощових черв'яків

У досліджуваній екосистемі виявлено три види дощових черв'яків: *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826), *Aporrectodea trapezoides* (Dug'es, 1828) та *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826). Чисельність епігейного дощового черв'яка *D. octaedra* становила 0.26 ± 0.043 екз./м². Чисельність ендогенного дощового черв'яка *A. trapezoides* становила 3.84 ± 0.25 екз./м². Ендогейнний дощовий черв'як *A. Rosea* зустрічався спорадично.

Найпоширенішими в агрегатній структурі - агрегати розміром 2-3 та 3-5 мм (23.77 ± 0.198 та $21.57 \pm 0.061\%$ відповідно) (рисунок 5.1).

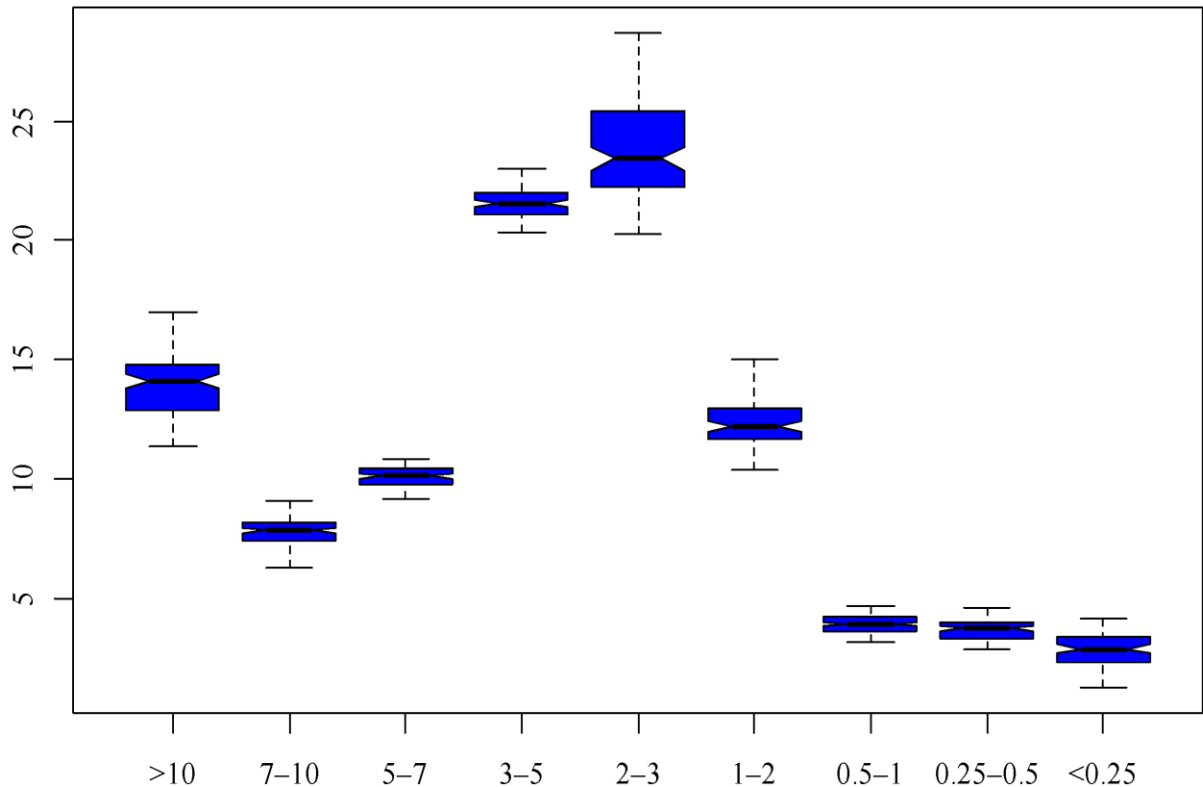


Рисунок 5.1. Співвідношення агрегатних фракцій ґрунту. Вісь абсцис - розмір фракції (в мм), вісь ординат - частка фракції за масою (у %).

Агрегати розміром <0.25 , $0.25-0.5$ та $0.5-1$ мм мали найнижчу частку (2.81 ± 0.067 , 3.71 ± 0.041 та $3.92 \pm 0.040\%$ відповідно). Інші фракції мали проміжні частки у загальній структурі. Електропровідність ґрунту становила 0.22 ± 0.009 дСм/м. Висота підстилки 2.42 ± 0.04 см, вологість ґрунту $17.34 \pm 0.13\%$, насипна щільність 1.12 ± 0.0037 г/см³. Опір проникнення в ґрунт збільшувався з глибиною (рисунок 5.2). У верхньому шарі ґрунту опір проникнення становив 1.28 ± 0.023 МПа. З глибиною опір проникнення змінювався несуттєво. Від глибини 25-30 см до глибини 65-70 см спостерігається швидке збільшення опору проникнення. При подальшому збільшенні глибини опір проникнення в ґрунт змінювався несуттєво. На глибині 95-100 см опір ґрунту проникнення був найвищим і становив 9.96 ± 0.0078 МПа. У рослинному покриві досліджуваного полігону виявлено

52 види рослин. Фітоіндикаційна оцінка показала, що режим зволоження був сприятливим для мезофітів, а оцінка діапазону доступної вологи становила 127 мм (рисунок 5.3).

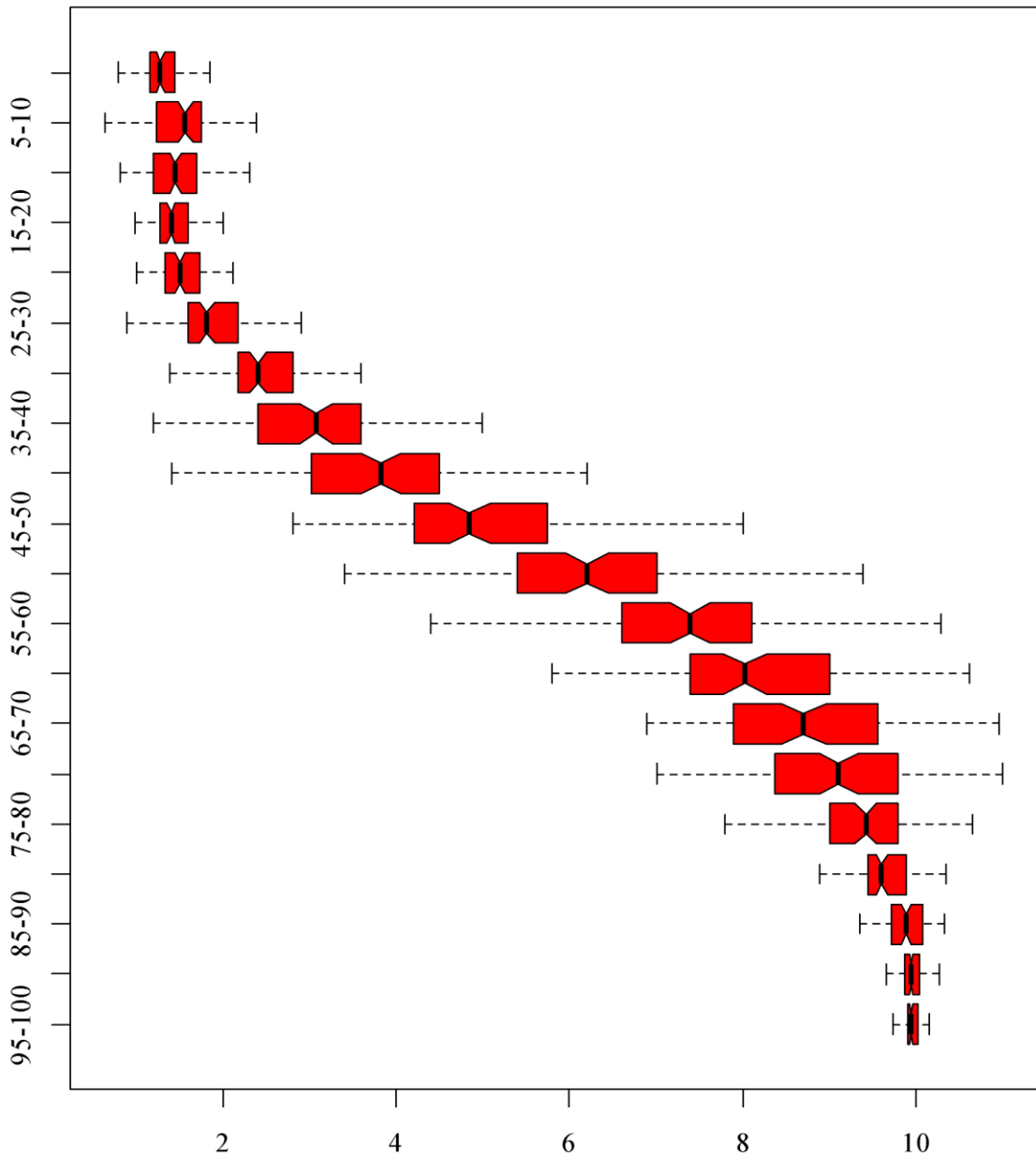


Рисунок 5.2. Зміна опору проникнення в ґрунт. Вісь абсцис - опір penetрації, МПа, вісь ординат - шари ґрунту: 0-5, ..., 95-100 см.

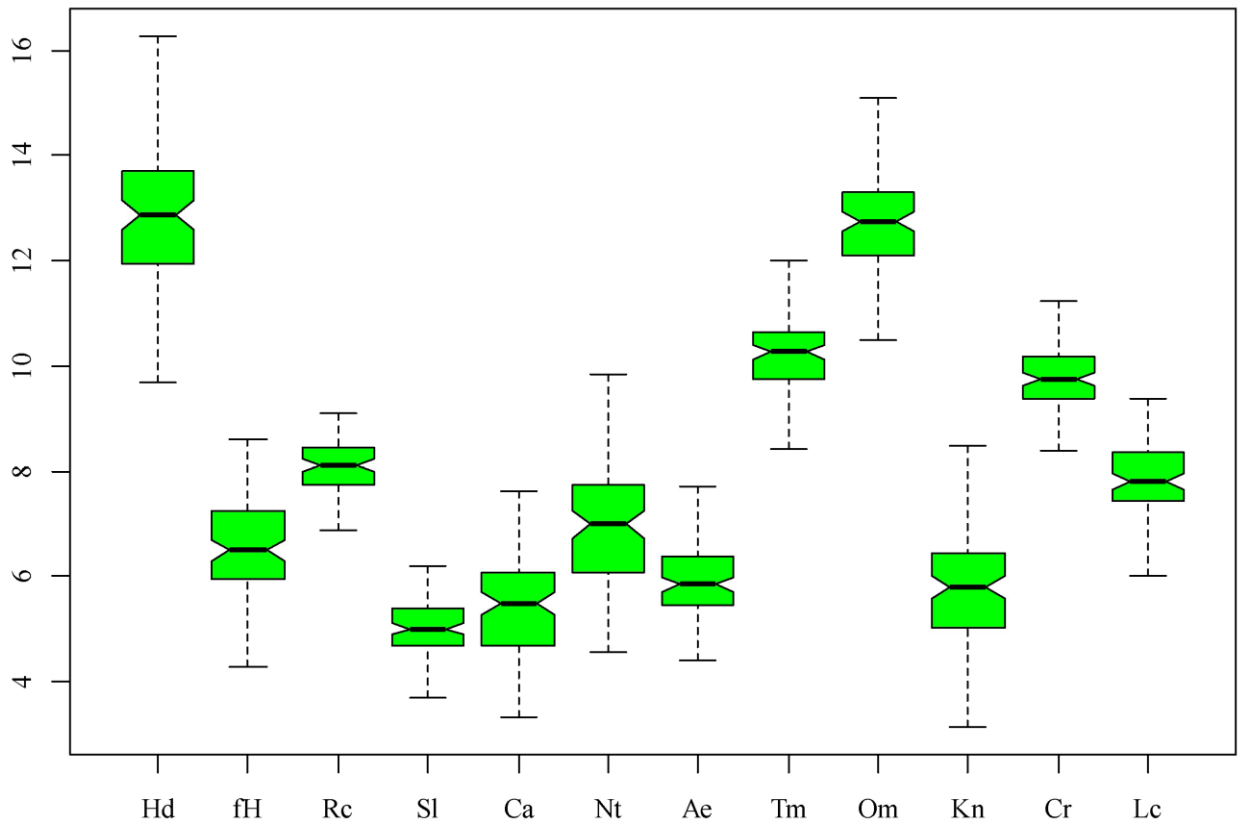


Рисунок 5.3. Фітоіндикаційна оцінка факторів навколишнього середовища

Примітки: Hd - водний режим ґрунту, fH - варіабельність зволоження, Rc - кислотність ґрунту, Sl - загальний сольовий режим, Ca - вміст карбонатів у ґрунті, Nt - вміст азоту в ґрунті, Ae - аерація ґрунту, Tm - термічний клімат, Om - омброрежим, Kn - континентальність, Cr - кріоклімат, Lc - світловий режим.

Режим контрастних умов зволоження ґрунту був сприятливим для рослин, пристосованих до лісолучних біот з нерівномірним зволоженням шару ґрунту, повністю насиченого атмосферними опадами або ґрунтовими водами. Фітоіндикаційна оцінка показала кислотність ґрунту, яка становила рН = 6.6. Трофічні умови були сприятливими для мезотрофів, які населяють ґрунти, не дуже багаті на солі (95-150 мг/л). Рослини уникають карбонатних субстратів (СаО, MgO = 0.5%). Фітоіндикація кріорежиму свідчить, що середня температура найхолоднішого місяця становила – 0.64°C.

Великі агрегати (розміром більше 10 мм і до 5 мм) і дрібні агрегати (розміром менше 1 мм) позитивно корелювали між собою і негативно корелювали з фракціями агрегатів розміром від 1 до 5 мм (рисунок 5.4). Агрегатна структура корелювала з іншими властивостями ґрунту. Зменшення

електропровідності та вологості ґрунту і збільшення щільності ґрунту були пов'язані зі збільшенням частки агрегатів, більших за 5 мм або менше 1 мм (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1. Кореляційна матриця вмісту агрегатних фракцій та фізичних властивостей ґрунту в шарі 0-10 см (коефіцієнти кореляції показані як вірогідні для $p < 0,05$)

Розмір фракції, мм	Електропровідність	Глибина підстилки	Вологість	Насипна щільність
>10	0,36	-0,26	-0,49	0,56
7-10	-0,34	-	-0,55	0,52
5-7	-0,47	-0,25	-0,44	0,49
3-5	-	0,36	-	-0,24
2-3	0,46	0,23	-0,35	-0,53
1-2	0,46	0,20	-	-
0,5-1	-0,54	-0,26	-	0,31
0,25-0,5	-0,63	-0,34	-	0,30
<0,25	-0,74	-0,33	-	0,30

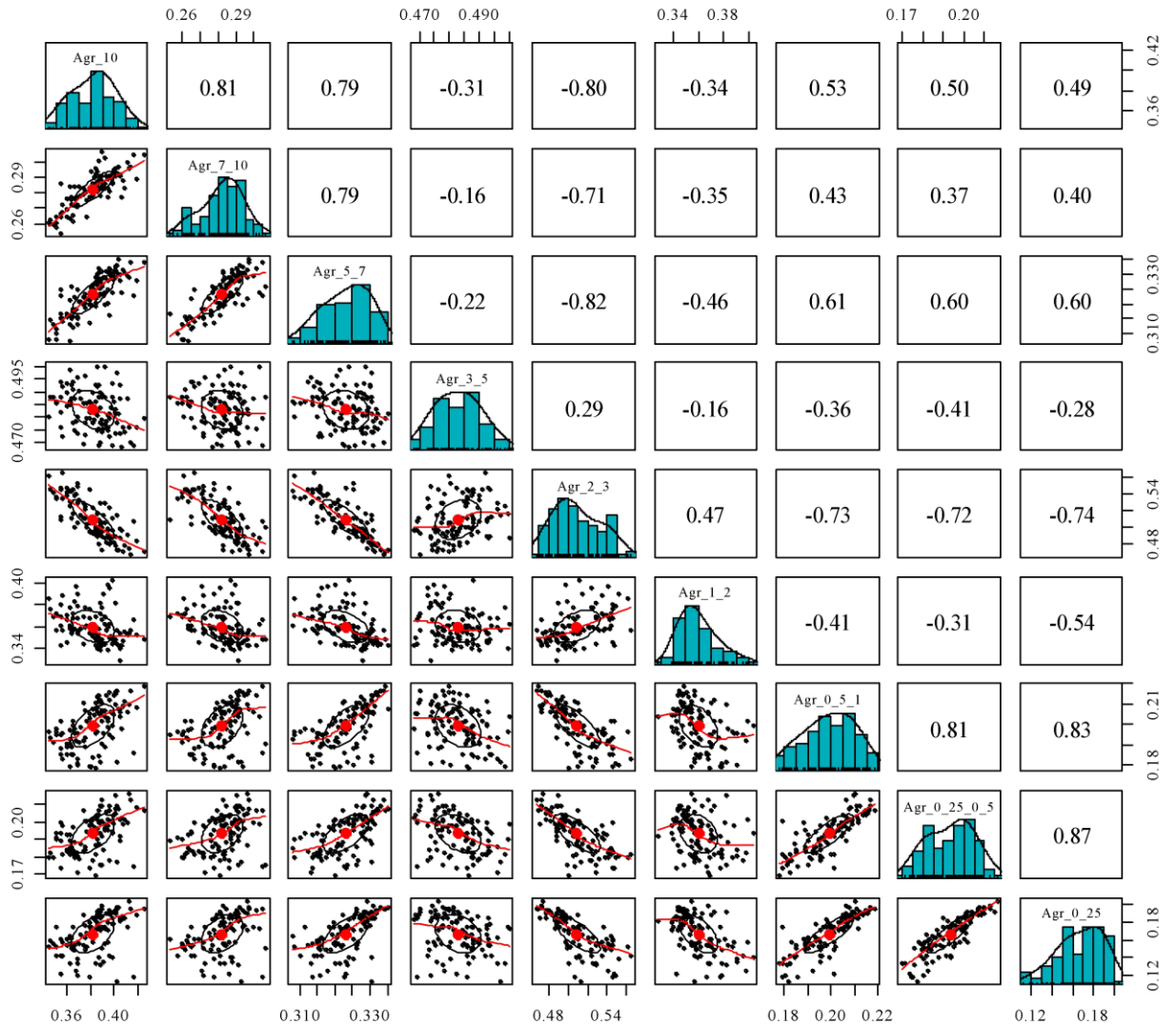


Рисунок 5.4. Кореляційна матриця агрегатних часток (після арксинусного перетворення)

Просторовий компонент описує 34.32% варіації агрегатної структури ґрунту ($F = 2.13$, $p < 0.001$). Профільна варіація опору проникнення в ґрунт пояснює 26.05% варіації в агрегатній структурі ґрунту ($F = 2.83$, $p < 0.001$). Фітоіндикаційні оцінки екологічних властивостей пояснюють 21.83% варіації агрегатного складу ґрунту ($F = 3.42$, $p < 0.001$). Три набори предикторів разом пояснюють 47,05% варіації структури ґрунтових агрегатів ($F = 2.15$, $p < 0.001$). 3,9% варіації опору проникнення в ґрунт є просторово, так само як і 9,3% варіації оцінок фітоіндикації (рисунок 5.5).

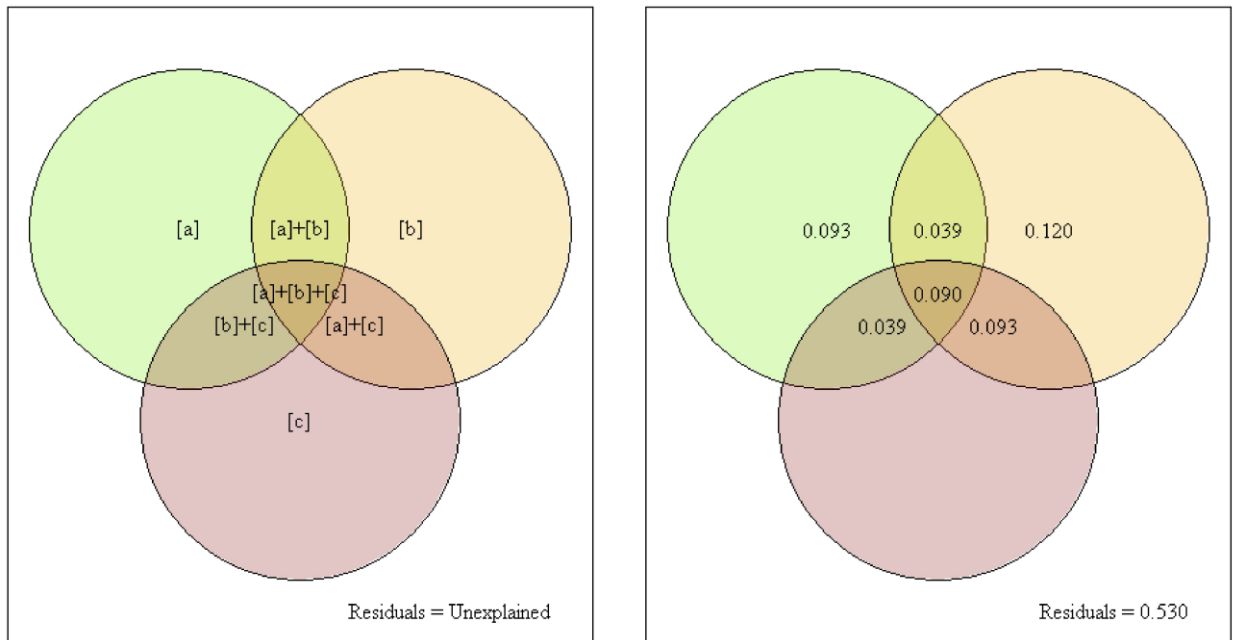


Рисунок 5.5. Розподіл дисперсії між просторовими та ґрунтовими пояснювальними змінними

Примітки: [a] - варіація, що пояснюється виключно значеннями опору проникненню в межах ґрунтового профілю; [b] - варіація, зафіксована просторовими (dbMEM) змінними, відповідає чистому простору (залишковий просторовий компонент); [c] - варіація пояснюється виключно фітоіндикаційними оцінками факторів навколишнього середовища; [a]+[b] - варіація, що пояснюється як просторовими змінними, так і змінними опору проникнення в ґрунт; [a]+[c] - варіація, що пояснюється як змінними опору проникнення в ґрунт, так і значенням фітоіндикації; [b]+[c] - варіація, що пояснюється як просторовими (dbMEM) змінними, так і значенням фітоіндикації; [a]+[b]+[c] - варіація, що пояснюється просторовими змінними, змінними опору проникнення в ґрунт та значенням фітоіндикації. Усі наведені частки дисперсії є вірогідними ($p < 0,001$).

Агрегатні фракції формували градієнти екологічних умов, в яких чисельність дощових черв'яків змінювалась закономірно (рисунок 5.6, 5.7). Дощові черв'яки *A. trapezoids* та *D. Octaedra* реагували зменшенням чисельності на збільшення частки агрегатних фракцій, більших за 5 мм. Зі збільшенням фракцій 2-3 мм чисельність дощових черв'яків зростала. Для інших агрегатних фракцій реакція дощового черв'яка *A. trapezoids* була дзвіноподібною симетричною або асиметричною.

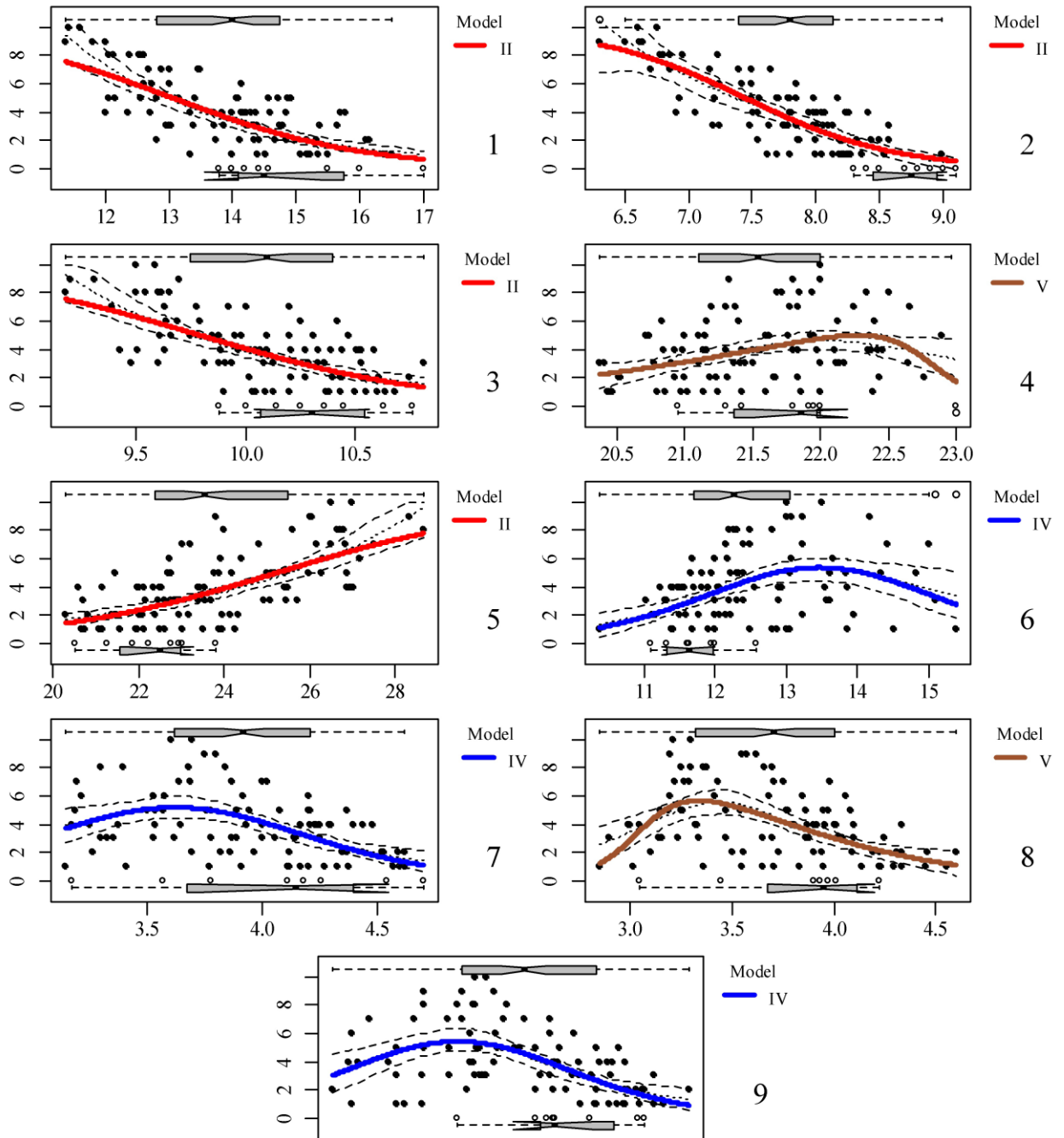


Рисунок 5.6. Залежність чисельності *A. trapezoides* від градієнта частки агрегатної фракції. Вісь ординат - кількість особин черв'яків у зразку ґрунту розміром 25×25 см; вісь абсцис частка агрегатних фракцій; 1 - фракції > 10 мм; 2 - фракції 7-10 мм; 3 - фракції 5-7 мм; 4 - фракції 3-5 мм; 5 - фракції 2-3 мм; 6 - фракції 1-2 мм; 7 - фракції 0,5-1 мм; 8 - фракції розміром 0,25-0,5 мм; 9 - фракції розміром <0,25 мм; модель II - монотонний відгук; IV - симетричний дзвіноподібний відгук; V - асиметричний дзвіноподібний відгук (моделі відгуку з переліку функцій NOF [263], [264]).

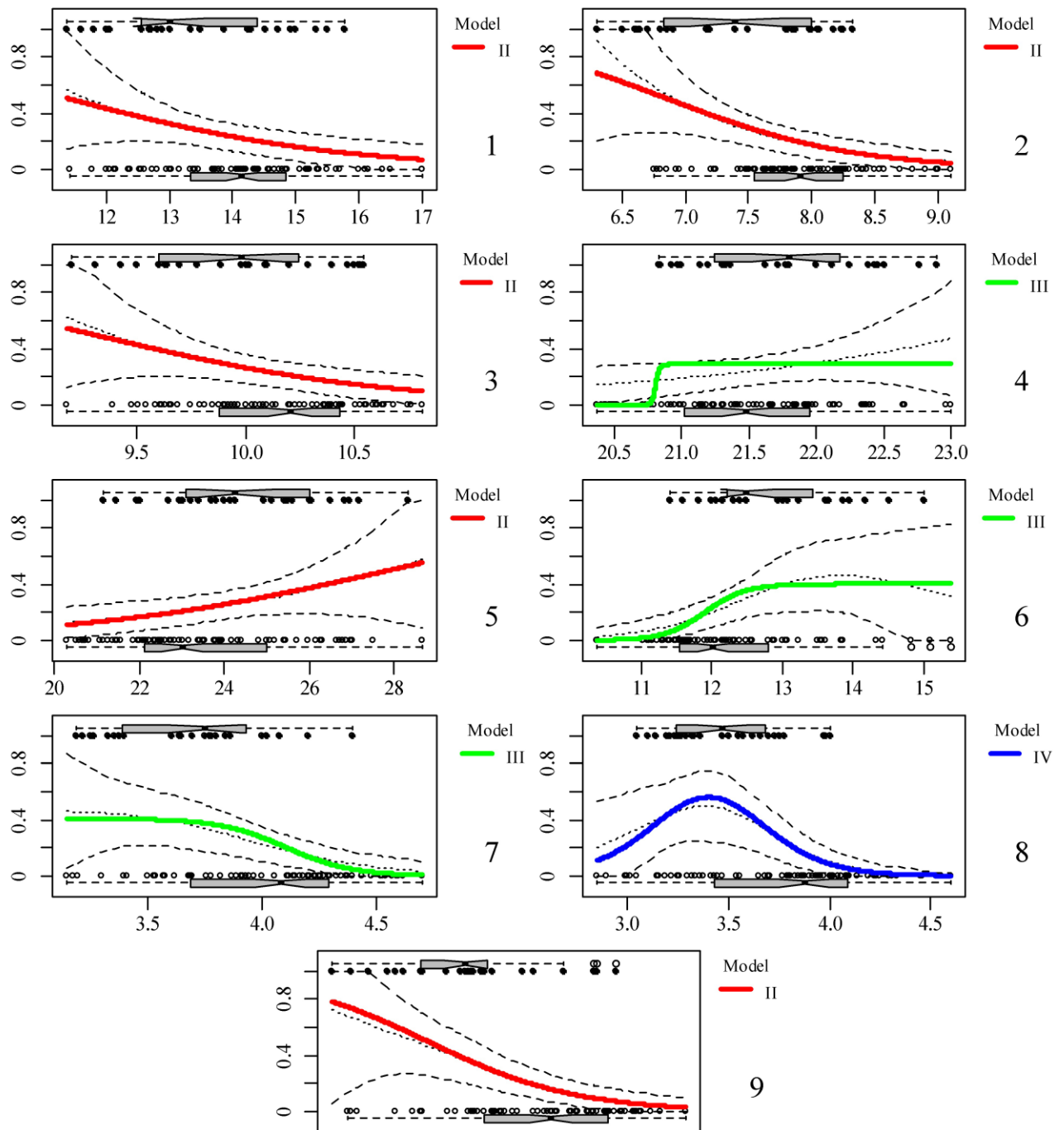


Рисунок 5.7. Залежність чисельності *D. octaedra* від градієнта співвідношення фракцій агрегату. По осі ординат - кількість особин черв'яків у зразку ґрунту розміром 25×25 см; по осі абсцис вісь - частка агрегатних фракцій; 1 - фракції > 10 мм; 2 - фракції 7-10 мм; 3 - фракції 5-7 мм; 4 - фракції 3-5 мм; 5 - фракції 2-3 мм; 6 - фракції 1-2 мм; 7 - фракції 0,5-1 мм; 8 - фракції розміром 0,25-0,5 мм; 9 - фракції розміром <0,25 мм; модель II - монотонна реакція; III - монотонний відгук; IV - симетричний

дзвіноподібний відгук; IV - асиметричний дзвіноподібний відгук (моделі відгуку з переліку функцій HOF [263,264]).

Збільшення кількості агрегатів розміром менше 0.25 мм негативно впливало на чисельність дощового черв'яка *D. octaedra*. Реакція дощового черв'яка *D. octaedra* на агрегат розміром 0.25-0.5 мм була дзвіноподібною симетричною, тоді як реакція на агрегат 0.5-5 мм - монотонною. Дощові черв'яки негативно реагували на високу частку агрегатів розміром 0.5-1 мм або низьку частку розміром 1-2 і 3-5 мм. Результати моделі ССА з просторовими змінними, коефіцієнтами проникнення в ґрунт та шкалами фітоіндикації в якості обмежених змінних, що корелюють з чисельністю дощових черв'яків (таблиця 5.2). Зі збільшенням чисельності *A. trapezoides* частка фракцій, більших за 5 мм зменшувалася, а частка фракцій 2-5 мм збільшувалася порівняно з прогнозом моделі ССА. Чисельність цього виду не впливала на прогнозовані пропорції інших фракцій. Чисельність *D. octaedra* негативно корелювала з модельними залишками для фракції 7-10 мм.

Таблиця 5.2. Кореляція чисельності дощових черв'яків із результатами моделі ССА з просторовими змінними, індексами проникнення в ґрунт та шкалами фітоіндикації як обмеженими змінними (коефіцієнти кореляції показані вірогідними для $p < 0,05$).

Фракція, мм	<i>A. trapezoides</i>	<i>D. octaedra</i>
>10	-0,44	-
7-10	-0,34	-0,32
5-7	-0,28	-
3-5	0,24	-
2-3	0,26	-
1-2	-	-
0,5-1	-	-
0,25-0,5	-	-
<0,25	-	-

Текстура ґрунту успадковується від материнського матеріалу [265]. Текстура ґрунту - це співвідношення первинних ґрунтових частинок різного розміру [266]. Однак ці первинні частинки не є окремими, а об'єднані в агрегати [267]. Первинні ґрунтові частинки зв'язані в агрегати і утримуються в цьому стані за допомогою адгезивів органічного та неорганічного походження [268]. Адгезиви органічного походження надають заповнювачам водостійкості, тобто здатності зберігати міцність як у сухому, так і у вологому стані [269]. Неводостійкі агрегати, які існують у сухому стані завдяки неорганічним зв'язкам, руйнуються при намоканні. Розташування ґрунтових агрегатів називається структурою ґрунту, яка є важливою фізичною властивістю ґрунту [238]. Агрегація ґрунту - ключовий екосистемний процес, що призводить до формування та стабілізації структури ґрунту, яка складається з ґрунтових агрегатів та утвореної в результаті матриці простору шпар.

Агрегатна структура - це співвідношення агрегатів різного розміру. Розмір і форма агрегатів є результатом впливу двох протилежних за спрямованістю процесів: утворення і руйнування агрегатів. Ці процеси мають біотичне та абіотичне походження [270]. Здатність утворювати ґрунтові агрегати залежить від розміру ґрунтових частинок [271]. Великі частинки (пісок) менш схильні до утворення агрегатів, ніж дрібні частинки (мул і глина). Таким чином, просторова мінливість текстури ґрунту визначає рівень ґрунтового агрегатоутворення. У заплавних ґрунтах структура ґрунту сильно залежить від процесів перевідкладення каламутних речовин під час паводків, що сильно впливає на мозаїчність текстури заплавних ґрунтів і зумовлює просторові закономірності в агрегатній структурі [263,272]. Відстань від річкової та руслової мережі є найбільш важливими екологічними змінними для прогнозування текстурних фракцій ґрунту в заплавних ґрунтах [273]. Замерзання і відтаювання ґрунтів призводить до утворення або руйнування ґрунтових агрегатів [274]. Роль температурного режиму накладається на режим зволоження, оскільки сухі ґрунти менше піддаються впливу процесу

замерзання/відтаювання, ніж вологі ґрунти [275,276]. Для досліджуваної території важливим є постійна мінливість водного режиму внаслідок паводків, яка накладається на мінливість температурного режиму взимку. Середня температура найхолоднішого місяця має значення трохи менше нуля, що підтверджує наявність постійної мінливості погоди та чергування процесів замерзання та відтаювання ґрунту. Просторова мінливість вологості ґрунту може сильно впливати на агрегацію під впливом різниці температур поблизу нульового рівня.

Набухання і усадка також впливають на формування агрегатів [277]. Збільшення кількості мулу та глини сприяють інтенсифікації цих процесів [278]. На формування ґрунтових агрегатів впливають явища засолення ґрунтів, характерні для заплавлі степових річок [279,280], також впливають на агрегатний склад ґрунту та на стійкість до руйнування. Середній розмір агрегатів зменшується зі збільшенням вмісту натрію в ґрунті. Зниження агрегатної стійкості під впливом натрію зумовлено послабленням зв'язувальної здатності цементуючих речовин, які з'єднують домени, що утворюють агрегати [77]. Таким чином, наявність просторових закономірностей у мінливості гранулометричного складу ґрунтів можна пояснити просторовою організацією процесу ґрунтоутворення в заплаві. Це припущення підтверджується тим, що мінливість опору проникнення ґрунту в профілі дозволяє пояснити мінливість агрегатної структури у верхньому шарі ґрунту. Крім того, профільний розподіл властивостей ґрунту є просторово-структурованим. Очевидно, структуроутворюючими факторами є ґрунтоутворюючі процеси в ґрунті.

Рослини відіграють важливу роль у формуванні ґрунтових агрегатів [281]. Коренева система рослин сприяє утворенню ґрунтових агрегатів, переважно мезоагрегатів [282]. Рослини також збагачують ґрунт органічними речовинами, що сприяє утворенню водостійких агрегатів [283]. Зрозуміло, що просторова організація рослинного угруповання визначає просторові закономірності агрегатної структури [284]. Отримані результати свідчать про

те, що вплив рослинного угруповання на структуру агрегату є повністю просторово-структурованою. Утворення і перерозподіл органічної речовини також впливають на ґрунтових тварин [158]. Органічна речовина рослин є основою трофічних ланцюгів педобіонтів [285]. Також органічна речовина у вигляді лісової підстилки формує мікрокліматичні умови, які впливають на просторовий розподіл ґрунтових тварин [147,278].

Сукупність факторів і процесів, які впливають на формування структури ґрунту, створює екологічне середовище для існування ґрунтових тварин. Ґрунтові агрегати структурують внутрішній простір ґрунту, поділяючи його на внутрішньоагрегатний та міжагрегатний поровий простір [286]. Міжагрегатний простір забезпечує ґрунтову біоту повітрям [287], [288,289], тоді як внутрішньоагрегатний простір є резервом ґрунтової вологи [290]. Таким чином, завдяки агрегатній структурі в ґрунті поєднуються анаеробні та аеробні умови [291]. Кінцевим результатом аеробних процесів є мінералізація органічних речовини, що робить поживні речовини доступними для рослин [292]. Кінцевим результатом анаеробних процесів є гуміфікація, яка забезпечує стабільність ґрунтового середовища як за рахунок іммобілізації поживних речовин в органічній речовині ґрунту, так і за рахунок формування водостійкої структури ґрунту [293].

Високий вміст мезоагрегатів забезпечує оптимальний екологічний режим у ґрунті. Великі або дрібні агрегати створюють несприятливі умови для життя більшості педобіонтів. Наші результати свідчать, що чисельність дощових черв'яків зменшується за умов переважання великих агрегатів (розмір більше 5 мм).

Цей результат відповідає як для ендогенних *A. trapezoides*, так і для епігейних *D. octaedra*. Великі агрегати створюють умови для гіпераерації ґрунту та його швидкого висихання. Очевидно, саме ця причина пояснює негативну реакцію дощових черв'яків на високу частку великих агрегатів. Це припущення підтверджується тим, що збільшення частки великих агрегатів

супроводжується змінами інших властивостей ґрунту, в тому числі зменшенням ґрунтової вологості ґрунту [280].

Для ендогенного дощового черв'яка *A. trapezoides* роль агрегатної структури є більш важливою. Для епігейного дощового черв'яка *D. octaedra* агрегатна структура також важлива, але найбільш ймовірно, що вплив агрегатної структури є опосередкований скоординованою мінливістю з іншими властивостями ґрунту. Таким чином, збільшення частки великих агрегатів пов'язане зі зменшенням глибини лісової підстилки, яка є середовищем існування *D. octaedra*. Реакція *D. octaedra* на деякі фракції агрегатів також має вигляд плоскої лінії, що вказує на наявність певної зони індіферентності епігейного дощового черв'яка до агрегатного складу.

Таким чином, агрегатна структура ґрунту, мінливість яка узгоджена з мінливістю інших ґрунтових властивостей і процесів, впливає на дощових черв'яків. Однак дощові черв'яки також є активними агрегатоутворювачами, і *Lumbricidae* також впливають на агрегатну структуру. Відрізнити в даному випадку причину від наслідку вкрай складно, адже придатними для дощових черв'яків є умови з переважанням мезоагрегатів. Дощові черв'яки утворюють зоогенні агрегати (копроліти), які також є мезоагрегатами за розміром [294]. Ми припустили, що дощові черв'яки, у випадку їх впливу, мають пояснити ту частину мінливості агрегатної структури ґрунту, яку не пояснюють фактори іншого походження. Опір проникнення в ґрунт є надійним маркером мінливості цілого комплексу властивостей. Вимірювання цього показника в ґрунтовому профілі опосередковано вказує на зміну інших властивостей ґрунту. Оцінки фітоіндикації показують не лише на мінливість структури рослинності, але й на фактори навколишнього середовища, що спричинили цю мінливість. Просторові змінні відображають факт просторової структури як властивостей ґрунту, так і властивостей рослинності. Вони також є показниками інших екологічних факторів, які не можуть бути виміряні, але є просторово структурованими. Модель з цими факторами в якості обмежених змінних виявилася корельованою з чисельністю дощових черв'яків. У цьому

випадку гіпотезу про те, що дощові черв'яки є причиною таких відхилень, а не наслідком, слід вважати найвірогіднішою. Однак, не можна виключати механізм зворотного позитивного зв'язку, коли продукування мезоагрегатів дощовими черв'яками сприяє оптимізації умов життя дощових черв'яків і таким чином стимулює розвиток їх популяцій. Водостійкість копролітних агрегатів *Aporrectodea caliginosa* у 2-2,5 рази вища, ніж у ґрунтових агрегатів такого ж розміру [294].

Висновки до розділу

1. У досліджуваній екосистемі виявлено три види дощових черв'яків: *Dendrobaena octaedra*, *Aporrectodea trapezoides* та *Aporrectodea rosea*. Чисельність епігейного дощового черв'яка *Dendrobaena octaedra* становила 0.26 ± 0.043 екз./м². Чисельність ендогенного дощового черв'яка *Aporrectodea trapezoides* становила 3.84 ± 0.25 екз./м². Ендогейнний дощовий черв'як *Aporrectodea rosea* зустрічався спорадично.
2. На агрегатний склад ґрунту впливають педогенні, фітогенні та зоогенні фактори. Дія цих факторів є просторово структурованою. Ендогенний дощовий черв'як *Aporrectodea trapezoides* більш чутливий до впливу агрегатного складу ґрунту, ніж епігенний *Dendrobaena octaedra*. Збільшення частки великих агрегатів (розміром більше 5 мм) негативно впливає на чисельність дощових черв'яків. Реакція дощових черв'яків на частку мезоагрегатів має переважно дзвіноподібну форму. Дощові черв'яки на рівні екосистеми стимулюють збільшення частки мезоагрегатів.
3. Процеси взаємного впливу дощових черв'яків та агрегатної структури ґрунту мають різні часові масштаби: дощові черв'яки впливають на структуру ґрунту в часовому діапазоні від кількох днів до кількох тижнів, а агрегатна структура - від кількох місяців до кількох років.

ВИСНОВКИ

1. В межах природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» досліджено ґрунтовий покрив на основі морфологічного опису за міжнародною класифікацією WRB. Вивчення морфологічної структури 20 ґрунтових профілів у різних частинах долини показало, що ґрунтовий покрив чітко пов'язаний з геоморфологічною структурою річкової долини. За даними WRB ґрунтовий покрив заповідника представлений: Ареносолом, Камбісолом, Флювісолом, Глейсолом та Солонцем.
2. Геоморфологічні предиктори є інформаційно-цінними для оцінки екологічних режимів. Вони розділяють різні типи ґрунтів: Ареносол, Камбісол, Флювісол, Глейсол та Солонець. Найбільш інформативним предиктором є висота над рівнем моря, але TWI (топографічний індекс вологості) та VDCN (топографічна оцінка глибини залягання ґрунтових вод) значно покращили розпізнання ареносолів, камбісолів, флювісолів, глейсолів та солонця. Індекс топографічного зволоження описує роль рельєфу в перерозподілі води, що надходить до ґрунту з атмосфери. Флювісол і Солонець формуються в умовах акумуляції води атмосферного походження, тоді як Глейсол і Камбісол формуються в умовах відтоку води атмосферного походження. Індекс топографічної оцінки глибини залягання ґрунтових вод вказує на роль ґрунтових вод як джерела водопостачання ґрунту. Солонець і Глейсол формуються в умовах близького залягання ґрунтових вод до поверхні ґрунту.
3. Ключові властивості материнської породи як фактора ґрунтоутворення в долині Дніпра є геологічна молодість, переважання піщаного та супіщаного механічного складу, шаруватість відкладів та особливості рельєфу, сформованого четвертинними відкладами (які визначають рівень ґрунтових вод). Різноманітність ґрунтів у долині відповідно до WRB представлено переважно ареносолами, камбісолами, флювісолами та глейовими ґрунтами. Властивості четвертинних відкладів визначають положення ґрунтів на обох

рівнях класифікації (референтні групи, основні та додаткові кваліфікатори). Розподіл кожної з референтних груп чітко пов'язаний з геоморфологією долини. Ареносоли та камбісоли формують ґрунтовий покрив надзаплавної тераси, тоді як флювісоли і глейсоли зустрічаються переважно в заплаві.

4. У досліджуваній екосистемі виявлено три види дощових черв'яків: *Dendrobaena octaedra*, *Aporrectodea trapezoides* та *Aporrectodea rosea*. Чисельність епігейного дощового черв'яка *Dendrobaena octaedra* становила 0.26 ± 0.043 екз./м². Чисельність ендогенного дощового черв'яка *Aporrectodea trapezoides* становила 3.84 ± 0.25 екз./м². Ендогейнний дощовий черв'як *Aporrectodea rosea* зустрічався спорадично.

5. Дощові черв'яки є активними агрегатоутворювачами, і вони впливають на агрегатну структуру ґрунту. Дощові черв'яки віддають перевагу ділянкам з переважанням мезоагрегатів. Дощові черв'яки *A. trapezoids* та *D. Octaedra* реагували зменшенням чисельності на збільшення частки агрегатних фракцій, більших за 5 мм. Для інших агрегатних фракцій реакція дощового черв'яка *A. trapezoids* була дзвіноподібною симетричною або асиметричною. Збільшення кількості агрегатів розміром менше 0.25 мм негативно впливало на чисельність дощового черв'яка *D. octaedra*. Реакція дощового черв'яка *D. octaedra* на агрегат розміром 0.25-0.5 мм була дзвіноподібною симетричною, тоді як реакція на агрегат 0.5-5 мм була монотонною. Дощові черв'яки негативно реагували на високу частку агрегатів розміром 0.5-1 мм або низьку частку розміром 1-2 і 3-5 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Бусленко Л.В. ЩЛВ. Сукцесійні процеси люмбрицид (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) в агроценозах Волинської височини. *Природа Західного Полісся Та Прилеглих Територій Біологія* 2014:248–51.
- [2] Череватов В.Ф. Взаимодействие дождевых червей и мелойдогинид в условиях агрокультуры закрытого грунта 2002:61–5.
- [3] Smagin A V., Prusak A V. The effect of earthworm coprolites on the soil water retention curve. *Eurasian Soil Sci* 2008;41:618–22.
<https://doi.org/10.1134/S1064229308060069>.
- [4] Криволюцкий Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле 1994:269.
- [5] Жуков О.В., Кунах О.М. КТМ. Розвиток ґрунтово-зоологічних досліджень у Дніпропетровському національному університеті імені Олеся Гончара. *Біогеоценологічні Дослідження Лісів Степової Зони України* 2016:35–53.
- [6] Бельград А.Л. ТАП. Роль почвенной фауны в индикации эдафотопов. *Проблемы и Методы Биологической Диагностики и Индикации Почв* 1980:155–63.
- [7] Жуков О.В. Екоморфічний аналіз консорцій ґрунтових тварин. «Свідлер АЛ» 2009:239.
- [8] Hutchinson G.E. (1965) The niche: an abstractly inhabited hypervolume. *The ecological theatre and the evolutionary play*. Yale Univ. Press, New Haven n.d.
- [9] Sparks RE. Need for Ecosystem Management of Large Rivers and Their Floodplains. *Bioscience* 1995;45:168–82. <https://doi.org/10.2307/1312556>.
- [10] Jakubínský J, Prokopová M, Raška P, Salvati L, Bezak N, Cudlín O, et al. Managing floodplains using nature-based solutions to support multiple ecosystem functions and services. *WIREs Water* 2021;8.
<https://doi.org/10.1002/wat2.1545>.

- [11] Tockner, K., Bunn, S. E., Gordon, C., Naiman, R. J., Quinn, G. P., & Stanford JA. Flood plains: Critically threatened ecosystems. Polunin, N V C (Ed) *Aquat Ecosyst Cambridge Univ Press Cambridge* 2010:45–62.
- [12] Stella JC, Bendix J. Multiple Stressors in Riparian Ecosystems. *Mult. Stress. River Ecosyst.*, Elsevier; 2019, p. 81–110. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811713-2.00005-4>.
- [13] Sunil C, Somashekar RK, Nagaraja BC. Impact of anthropogenic disturbances on riparian forest ecology and ecosystem services in Southern India. *Int J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag* 2011;7:273–82. <https://doi.org/10.1080/21513732.2011.631939>.
- [14] Gattringer JP, Donath TW, Eckstein RL, Ludewig K, Otte A, Harvolk-Schöning S. Flooding tolerance of four floodplain meadow species depends on age. *PLoS One* 2017;12:e0176869. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176869>.
- [15] Słowik, M., Kiss, K., Czigány, S., Gradwohl-Valkay, A., Dezső, J., Halmai, Á. M, A., Tritt, R., & Pirkhoffer E. The influence of changes in flow regime caused by dam closure on channel planform evolution: Insights from flume experiments. *Environ Earth Sci* 2021:165.
- [16] Marcinkowski P, Grygoruk M. Long-Term Downstream Effects of a Dam on a Lowland River Flow Regime: Case Study of the Upper Narew. *Water* 2017;9:783. <https://doi.org/10.3390/w9100783>.
- [17] Marcinkowski P, Grabowski RC, Okruszko T. Controls on anastomosis in lowland river systems: Towards process-based solutions to habitat conservation. *Sci Total Environ* 2017;609:1544–55. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.183>.
- [18] Szmańda JB, Gierszewski PJ, Habel M, Luc M, Witkowski K, Bortnyk S, et al. Response of the Dnieper river fluvial system to the river erosion caused by the operation of the Kaniv hydro-electric power plant (Ukraine). *CATENA* 2021;202:105265. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105265>.
- [19] Furtak K, Grządziel J, Gałązka A, Niedźwiecki J. Analysis of Soil Properties,

- Bacterial Community Composition, and Metabolic Diversity in Fluvisols of a Floodplain Area. *Sustainability* 2019;11:3929.
<https://doi.org/10.3390/su11143929>.
- [20] Łabaz B, Bogacz A, Kabała C. Anthropogenic transformation of soils in the Barycz valley – conclusions for soil classification / Antropogeniczne przekształcenia gleb w Dolinie Baryczy - wnioski dotyczące klasyfikacji gleb. *Soil Sci Annu* 2014;65:103–10. <https://doi.org/10.1515/ssa-2015-0001>.
- [21] Kawalko D, Jezierski P, Kabała C. Morphology and Physicochemical Properties of Alluvial Soils in Riparian Forests after River Regulation. *Forests* 2021;12:329. <https://doi.org/10.3390/f12030329>.
- [22] Havrdová A, Douda J, Doudová J. Threats, biodiversity drivers and restoration in temperate floodplain forests related to spatial scales. *Sci Total Environ* 2023;854:158743. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158743>.
- [23] Tockner K, Stanford JA. Riverine flood plains: present state and future trends. *Environ Conserv* 2002;29:308–30.
<https://doi.org/10.1017/S037689290200022X>.
- [24] Lewin J, Ashworth PJ. The negative relief of large river floodplains. *Earth-Science Rev* 2014;129:1–23. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.10.014>.
- [25] Kabała C. Origin, transformation and classification of alluvial soils (mady) in Poland – soils of the year 2022. *Soil Sci Annu* 2022;73:1–13.
<https://doi.org/10.37501/soilsa/156043>.
- [26] Appling AP, Bernhardt ES, Stanford JA. Floodplain biogeochemical mosaics: A multidimensional view of alluvial soils. *J Geophys Res Biogeosciences* 2014;119:1538–53. <https://doi.org/10.1002/2013JG002543>.
- [27] Schomburg A, Sebag D, Turberg P, Verrecchia EP, Guenat C, Brunner P, et al. Composition and superposition of alluvial deposits drive macro-biological soil engineering and organic matter dynamics in floodplains. *Geoderma* 2019;355:113899. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113899>.
- [28] Halecki W, Stachura T, Fudała W. Capacity of River Valleys to Retain Nutrients from Surface Runoff in Urban and Rural Areas (Southern Poland).

- Water 2022;14:3259. <https://doi.org/10.3390/w14203259>.
- [29] Bertrand G, Goldscheider N, Gobat J-M, Hunkeler D. Review: From multi-scale conceptualization to a classification system for inland groundwater-dependent ecosystems. *Hydrogeol J* 2012;20:5–25. <https://doi.org/10.1007/s10040-011-0791-5>.
- [30] Fang H. Impact of Land Use Change and Dam Construction on Soil Erosion and Sediment Yield in the Black Soil Region, Northeastern China. *L Degrad Dev* 2017;28:1482–92. <https://doi.org/10.1002/ldr.2677>.
- [31] Goehring BM, Brown N, Moon S, Blisniuk K. The Transport History of Alluvial Fan Sediment Inferred From Multiple Geochronometers. *J Geophys Res Earth Surf* 2021;126. <https://doi.org/10.1029/2021JF006096>.
- [32] Bullinger-Weber G, Gobat J-M. Identification of facies models in alluvial soil formation: The case of a Swiss alpine floodplain. *Geomorphology* 2006;74:181–95. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.07.016>.
- [33] Hulisz P, Michalski A, Dąbrowski M, Kusza G, Łeczyński L. Human-induced changes in the soil cover at the mouth of the Vistula River Cross-Cut (northern Poland). *Soil Sci Annu* 2015;66:67–74. <https://doi.org/10.1515/ssa-2015-0021>.
- [34] Dezső J, Czigány S, Nagy G, Pirkhoffer E, Słowik M, Lóczy D. Monitoring soil moisture dynamics in multilayered Fluvisols. *Bull Geogr Phys Geogr Ser* 2019;16:131–46. <https://doi.org/10.2478/bgeo-2019-0009>.
- [35] Saint-Laurent D, Lavoie L, Drouin A, St-Laurent J, Ghaleb B. Floodplain sedimentation rates, soil properties and recent flood history in southern Québec. *Glob Planet Change* 2010;70:76–91. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2009.11.009>.
- [36] Mendonça Santos M., Guenat C, Bouzelboudjen M, Golay F. Three-dimensional GIS cartography applied to the study of the spatial variation of soil horizons in a Swiss floodplain. *Geoderma* 2000;97:351–66. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(00\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(00)00045-8).
- [37] Rinklebe J, Langer U. Floodplain soils at the Elbe river, Germany, and their

- diverse microbial biomass. *Arch Agron Soil Sci* 2008;54:259–73. <https://doi.org/10.1080/03650340701661206>.
- [38] Bedard-Haughn A. Gleysolic soils of Canada: Genesis, distribution, and classification. *Can J Soil Sci* 2011;91:763–79. <https://doi.org/10.4141/cjss10030>.
- [39] Ndjigui P-D, Ebah Abeng SA, Ekomane E, Nzeukou AN, Ngo Mandeng FS, Matoy Lindjeck M. Mineralogy and geochemistry of pseudogley soils and recent alluvial clastic sediments in the Ngog-Lituba region, Southern Cameroon: An implication to their genesis. *J African Earth Sci* 2015;108:1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.03.023>.
- [40] Brunke M, Hoehn E, Gonser T. Patchiness of River–Groundwater Interactions within Two Floodplain Landscapes and Diversity of Aquatic Invertebrate Communities. *Ecosystems* 2003;6:707–22. <https://doi.org/10.1007/PL00021501>.
- [41] Zhang X, Guan T, Zhou J, Cai W, Gao N, Du H, et al. Groundwater Depth and Soil Properties Are Associated with Variation in Vegetation of a Desert Riparian Ecosystem in an Arid Area of China. *Forests* 2018;9:34. <https://doi.org/10.3390/f9010034>.
- [42] Huang W-S, Liang C-S, Tsai H, Hseu Z-Y, Huang S-T. Pedogenesis of Fluvial Terrace Soils Related to Geomorphic Processes in Central Taiwan. *Land* 2023;12:535. <https://doi.org/10.3390/land12030535>.
- [43] Kardol P, Martijn Bezemer T, van der Putten WH. Temporal variation in plant-soil feedback controls succession. *Ecol Lett* 2006;9:1080–8. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00953.x>.
- [44] Tsheboeng G, Bonyongo M, Murray-Hudson M. Flood variation and soil nutrient content in floodplain vegetation communities in the Okavango Delta. *S Afr J Sci* 2017;110:1–5. <https://doi.org/10.1590/sajs.2014/20130168>.
- [45] Długosz J, Kalisz B, Łachacz A. Mineral matter composition of drained floodplain soils in north-eastern Poland. *Soil Sci Annu* 2018;69:184–93. <https://doi.org/10.2478/ssa-2018-0019>.

- [46] Saint-Laurent D, Arsenault-Boucher L. Properties of alluvial and non-alluvial soils in fragmented mixed deciduous forest patches in southern Québec, Canada. *CATENA* 2020;184:104254.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104254>.
- [47] Ward, J. V., Malard, F., & Tockner K. Landscape ecology: A framework for integrating pattern and process in river corridors. *Landsc Ecol* 2002;35–45.
- [48] Ding J, Zhao W, Daryanto S, Wang L, Fan H, Feng Q, et al. The spatial distribution and temporal variation of desert riparian forests and their influencing factors in the downstream Heihe River basin, China. *Hydrol Earth Syst Sci* 2017;21:2405–19. <https://doi.org/10.5194/hess-21-2405-2017>.
- [49] Celentano D, Rousseau GX, Engel VL, Zelarayán M, Oliveira EC, Araujo ACM, et al. Degradation of Riparian Forest Affects Soil Properties and Ecosystem Services Provision in Eastern Amazon of Brazil. *L Degrad Dev* 2017;28:482–93. <https://doi.org/10.1002/ldr.2547>.
- [50] Adhikari K, Hartemink AE. Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma* 2016;262:101–11.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>.
- [51] Brinkmann WL., Magnuszewski A, Zober S. The structure and function of the Vistula River floodplain near Plock, Poland. *Ecol Eng* 2000;16:159–66.
[https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00100-2](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00100-2).
- [52] Elznicová J, Kiss T, Sipos G, Faměra M, Štojdl J, Váchová V, et al. A central European alluvial river under anthropogenic pressure: The Ohře River, Czechia. *CATENA* 2021;201:105218.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105218>.
- [53] McBratney A, Field DJ, Koch A. The dimensions of soil security. *Geoderma* 2014;213:203–13. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.013>.
- [54] Kanianska R, Benková N, Ševčíková J, Masný M, Kizeková M, Jančová L, et al. Fluvisols Contribution to Water Retention Hydrological Ecosystem Services in Different Floodplain Ecosystems. *Land* 2022;11:1510.
<https://doi.org/10.3390/land11091510>.

- [55] Matoshko A V. Evolution of the fluvial system of the Prypiat, Desna and Dnieper during the Late Middle – Late Pleistocene. *Quat* 15(1) 2004:117–28.
- [56] Keesstra S, Geissen V, Mosse K, Piirani S, Scudiero E, Leistra M, et al. Soil as a filter for groundwater quality. *Curr Opin Environ Sustain* 2012;4:507–16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.10.007>.
- [57] Sahu RL, Dash RR, Pradhan PK, Das P. Effect of hydrogeological factors on removal of turbidity during river bank filtration: Laboratory and field studies. *Groundw Sustain Dev* 2019;9:100229. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100229>.
- [58] Smits KM, Sakaki T, Howington SE, Peters JF, Illangasekare TH. Temperature Dependence of Thermal Properties of Sands across a Wide Range of Temperatures (30-70°C). *Vadose Zo J* 2013;12:vzj2012.0033. <https://doi.org/10.2136/vzj2012.0033>.
- [59] Dong R, Wang Y, Lu C, Lei G, Wen L. The seasonality of macroinvertebrate β diversity along the gradient of hydrological connectivity in a dynamic river-floodplain system. *Ecol Indic* 2021;121:107112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107112>.
- [60] Fournier B, Guenat C, Bullinger-Weber G, Mitchell EAD. Spatio-temporal heterogeneity of riparian soil morphology in a restored floodplain. *Hydrol Earth Syst Sci* 2013;17:4031–42. <https://doi.org/10.5194/hess-17-4031-2013>.
- [61] Gilarov M S. Features of soil as a environment and its significance in the evolution of insects. 1949.
- [62] Elliott E T and Coleman D C. *Ecological Bulletins - Swedish Natural Science Research Council* 1988:23–32.
- [63] Bottinelli N, Jouquet P, Capowiez Y, Podwojewski P GM and PX. *Soil and Tillage Research* 2015:118–124.
- [64] Blouin M, Hodson M E, Delgado E A, Baker G, Brussaard L, Butt K R, Dai J, Dendooven L PG, Tondoh J E CD and BJJ. *European Journal of Soil Science* 2013:161–182.
- [65] Birkhofer K, Bezemer T M, Bloem J, Bonkowski M, Christensen S, Dubois

- D, Ekelund F FA, Gunst L, Hedlund K, Mäder P, Mikola J, Robin C, Setälä H, Tatin-Froux F V der PWH and, S S. *Soil Biology and Biochemistry* 2008:2297–2308.
- [66] Guber A, Pachepsky Y SE and RW. *Soil aggregates and water retention* 2004:143–151.
- [67] Lipiec J, Walczak R, Witkowska-Walczak B, Nosalewicz A S lowińska-JA and S lawiński C. *Soil and Tillage Research* 2007;97:239–246.
- [68] Franzluebbers A. *Soil and Tillage Research* 2002;66:197–205.
- [69] Mangalassery S, Sjögersten S, Sparkes D SC and MS. *Soil and Tillage Research* 2013;132:39–46.
- [70] Devine S, Markewitz D HP and CD. *PLoS ONE* 2014:e84988.
- [71] Six J, Paustian K EET and CC. *Soil Science Society of America Journal* 2000:681–689.
- [72] Zhou M, Liu C, Wang J, Meng Q, Yuan Y, Ma X, Liu X, Zhu Y, Ding G, Zhang J ZX and DW. *Scientific Reports* 2020.
- [73] Siebers N and Kruse J. *PLOS ONE* 2019:e0220476.
- [74] Elliott E T, Anderson R V CDC and CC V. *Oikos* 1980:327.
- [75] Logsdon S. *Root effects on soil properties and processes: Synthesis and future research needs* 2015:173–196.
- [76] Barthès B and Roose E. *CATENA* 2002:133–149.
- [77] Lebron I SDL and SMG. *Soil Science* 2002:165–172.
- [78] Gilarov M S. *Zoological methods of the soils diagnostic [Zoologicheskij metod diagnostiki pochv] (Nauka)* 1965.
- [79] Hassink J, Bouwman L ZK and BL. *Soil Biology and Biochemistry* 1993:47–55.
- [80] Briones M J I. *Frontiers in Environmental Science* 2014:1–22.
- [81] Yorkina N, Maslikova K KO and ZO. *Ecologica Montenegrina* 2018:29–45.
- [82] Blanchart E, Lavelle P, Braudeau E LBY and VC. *Soil Biology and Biochemistry* 1997:431–439.
- [83] Lavelle P. *Faunal Activities and Soil Processes: Adaptive Strategies That*

Determine Ecosystem Function vol 1997.

- [84] Capowiez Y, Pierret A, Daniel O MP and KA. *Biology and Fertility of Soils* 1998:51–59.
- [85] Wen S SM and WJ. *Sustainability* 2020:9303.
- [86] Domínguez J BPJ and PRW. *Ecosystems* 2004:672–685.
- [87] Ehlers W. *Soil Science* 1975:242–249.
- [88] Capowiez Y BF and CG. *Soil Biology and Biochemistry* 2006:285–293.
- [89] Kretzschmar A and Monestiez P. *Soil Biology and Biochemistry* 1992:1609–1614.
- [90] Pitkänen J and Nuutinen V. *Soil Biology and Biochemistry* 1997:463–467.
- [91] Springett J and Gray R. *Soil Biology and Biochemistry* 1997:621–625.
- [92] Lavelle P. *Ecological Research* 2002:441–450.
- [93] Blouin M, Sery N, Cluzeau D BJJ and BA. *Environmental Management* 2013:309–320.
- [94] Jouquet P, Zangerle A, Rumpel C, Brunet D BN and TDT. *European Journal of Soil Science* 2009:1117–1125.
- [95] Jouquet P, Podwojewski P, Bottinelli N, Mathieu J, Ricoy M, Orange D TTD and VC. *Catena* 2008:13–21.
- [96] Bossuyt H SJ and HPF. *European Journal of Soil Science* 2004:393–399.
- [97] Angst Mueller C W, Cajthaml T, Angst G, Lhot'akov'a Z, Bartu'ska M Špaldoňov'a A and Frouz J. *Geoderma* 2017:29–35.
- [98] Barois I, Villemin G LP and TF. *Geoderma* 1993:57–66.
- [99] Bossuyt H SJ and HPF. *Soil Biology and Biochemistry* 2005:251–8.
- [100] Shipitalo M and Protz R. *Geoderma* 1989:357–374.
- [101] Jouquet P, Bottinelli N, Podwojewski P HV and TDT. *Geoderma* 2008:231–238.
- [102] Power, A.L., Tennant, R.K., Jones, R.T., Tang, Y., Du, J. W, A.T., Love J. *Monitoring Impacts of Urbanisation and Industrialisation on Air Quality in the Anthropocene Using Urban Pond Sediments. Frontiers in Earth Science (Lausanne)* 2018:131.

- [103]Burkart, K., Schneider, A., Breitner, S., Khan, M.H., Krämer A, Endlicher W. The effect of atmospheric thermal conditions and urban thermal pollution on all-cause and cardiovascular mortality in Bangladesh. *Environmental Pollution* 2011:2035–2043.
- [104]Schirmer, A.E., Gallemore, C., Liu, T., Magle, S., DiNello E, Ahmed, H., Gilday T. Mapping behaviorally relevant light pollution levels to improve urban habitat planning. *Sci Rep* 2019:11925.
- [105]Zambrano, L., Aronson, M.F.J., Fernandez T. The Consequences of Landscape Fragmentation on Socio-Ecological Patterns in a Rapidly Developing Urban Area: A Case Study of the National Autonomous University of Mexico 2019;*Frontiers*:152.
- [106]Santana Marques, P., Resende Manna, L., Clara Frauendorf T, Zandonà, E., Mazzoni, R., El-Sabaawi R. Urbanization can increase the invasive potential of alien species. *J Anim Ecol* 2020:2345–2355.
- [107]Kang, L., Yang, Z., Han F. The Impact of Urban Recreation Environment on Residents' Happiness—Based on a Case Study in China 2021;*Sustainabi*:5549.
- [108]Nawaz, M.F., Bourrié, G., Trolard F. Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 2013:291–309.
- [109]Erfanian, M.B., Alatalo, J.M., Ejtehadi H. Severe vegetation degradation associated with different disturbance types in a poorly managed urban recreation destination in Iran 2021;*Scientific*:19695.
- [110]Ermakov, A., Vorobeichik E. Soil macrofauna of forest ecosystems in a large industrial city 2013;*Euroasian*:519–528.
- [111]Kuddus MA, Tynan E, McBryde E. Urbanization: a problem for the rich and the poor? *Public Health Rev* 2020;41:1. <https://doi.org/10.1186/s40985-019-0116-0>.
- [112]Santos, T., Nogueira Mendes, R., Vasco A. Recreational activities in urban parks: Spatial interactions among users. *J Outdoor Recreat Tour* 2016:1–9.
- [113]Stępniewska M. The capacity of urban parks for providing regulating and

- cultural ecosystem services versus their social perception. *Land Use Policy* 2021:105778.
- [114] Mexia, T., Vieira, J., Príncipe, A., Anjos, A., Silva, P., Lopes N, Freitas, C., Santos-Reis, M., Correia, O., Branquinho, C. P, P. Ecosystem services: Urban parks under a magnifying glass. *Environ Res* 2018:469–478.
- [115] Chiesura A. The role of urban parks for the sustainable city. *Landsc Urban Plan* 2004:129–138.
- [116] Brussaard L. Biodiversity and ecosystem functioning in soil: The dark side of nature and the bright side of life. *Ambio* 2021:1286–1288.
- [117] Brussaard L. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio* 1997:563–570.
- [118] Heemsbergen DA, Berg MP, Loreau M, van Hal JR, Faber JH, Verhoef HA. Biodiversity Effects on Soil Processes Explained by Interspecific Functional Dissimilarity. *Science* (80-) 2004;306:1019–20.
<https://doi.org/10.1126/science.1101865>.
- [119] De Vries, F.T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli MA, Bjørnlund, L., Bracht Jørgensen, H., Brady, M.V. C, S., de Ruiter, P.C., d’Hertefeldt, T., Frouz, J., Hedlund K, Hemerik, L., Hol, W.H.G., Hotes, S., Mortimer, S.R., Setälä H, Sgardelis, S.P., Uteseny, K., van der Putten, W.H., Wolters V, Bardgett RD. Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2013:14296–14301.
- [120] Wardle DA, Bardgett RD, Klironomos JN et al. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Sci* 2004:1629–1633.
- [121] Nielsen, U.N., Ayres, E., Wall, D.H., Bardgett RD. Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity-function relationships. *Eur J Soil Sci* 2011:105–116.
- [122] Velasquez, E., Lavelle P. Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. *Acta Oecologica* 2019:103446.

- [123] Jacot AP. Soil Structure and Soil Biology. *Ecology* 1936:359–379.
- [124] VandenBygaart, A.J., Fox, C.A., Fallow, D.J., Protz R. Estimating Earthworm-Influenced Soil Structure by Morphometric Image Analysis. *Soil Sci Soc Am J* 2000:982–988.
- [125] Sagi, N., Hawlena D. Arthropods as the Engine of Nutrient Cycling in Arid Ecosystems. *Insects* 2021:726.
- [126] Verhoef, H.A., Brussaard L. Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agroecosystems: the contribution of soil animals. *Biogeochemistry* 1990:175.
- [127] Bergman, I.E., Vorobeichik, E.L., Ermakov AI. The effect of megalopolis environment on the feeding activity of soil saprophages in urban forests. *Eurasian Soil Sci* 2017:106–117.
- [128] Yakovenko, V., Zhukov O. Zoogenic structure aggregation in steppe and forest soils. In: Dmytruk Y, Dent D (eds) *Soils under stress*. Springer Int Publ Cham 2021:111–27.
- [129] Vitousek PM. Litterfall, Nutrient Cycling, and Nutrient Limitation in Tropical Forests. *Ecology* 1984:285–298.
- [130] Hector, A., Bagchi R. Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature* 2007:188–190.
- [131] Isbell, F., Gonzalez, A., Loreau, M., Cowles, J., Díaz, S., Hector A, Mace, G.M., Wardle, D.A., O'Connor, M.I., Duffy, J.E. T, L.A., Thompson, P.L., Larigauderie A. Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. *Nature* 2017:65–72.
- [132] Cardinale, B.J., Matulich, K.L., Hooper, D.U., Byrnes, J.E., Duffy E, Gamfeldt, L., Balvanera, P., O'Connor, M.I., Gonzalez A. The functional role of producer diversity in ecosystems. *Am J Bot* 2011:572–592.
- [133] Schwarz, N., Moretti, M., Bugalho, M.N., Davies, Z.G., Haase D, Hack, J., Hof, A., Melero, Y., Pett, T.J., Knapp S. Understanding biodiversity-ecosystem service relationships in urban areas: A comprehensive literature review. *Ecosyst Serv* 2017:161–171.

- [134] Ziter C. The biodiversity–ecosystem service relationship in urban areas: a quantitative review. *Oikos* 2016:761–768.
- [135] Hajzeri A. The management of urban parks and its contribution to social interactions. *Arboric J* 2021:187–95.
- [136] Xie, Q., Yue, Y., Sun, Q., Chen, S., Lee, S.B., Kim SW. Assessment of Ecosystem Service Values of Urban Parks in Improving Air Quality: A Case Study of Wuhan, China. *Sustain* 2019:6519.
- [137] Cohen, P., Potchter, O., Schnell I. A methodological approach to the environmental quantitative assessment of urban parks. *Appl Geogr* 2014:87–101.
- [138] 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. *Environ Res* 2018:306–13.
- [139] Mäntymaa, E., Jokinen, M., Juutinen, A., Lankia, T., Louhi P. Providing ecological, cultural and commercial services in an urban park: A travel cost–contingent behavior application in Finland. *Landsc Urban Plan* 2021:104042.
- [140] Sarah, P., Zhevelev, H.M., Oz A. Urban park soil and vegetation: Effects of natural and anthropogenic factors. *Pedosphere* 2015:392–404.
- [141] Van den Berg AE, Jorgensen A, Wilson ER. Evaluating restoration in urban green spaces: Does setting type make a difference? *Landsc Urban Plan* 2014;127:173–81. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.04.012>.
- [142] Pavao-Zuckerman MA. The nature of urban soils and their role in ecological restoration in cities. *Restor Ecol* 2008:642–649.
- [143] 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, et al. (eds) *Proceedings of the 8th International Conference on Kansei En*. Springer, Singapore 2020:349–358.
- [144] Hou, E.Q., Xiang, H.M., Li, J.L., Li, J., Wen DZ. Soil acidification and heavy metals in urban parks as affected by reconstruction intensity in a

- humid subtropical environment. *Pedosphere* 2015:82–92.
- [145] Romzaykina, O.N., Vasenev, V.I., Khakimova, R.R., et al. Spatial variability of soil properties in the urban park before and after reconstruction. *Soil Environ* 2017:155–165.
- [146] Millward, A.A., Paudel, K., Briggs SE. Naturalization as a strategy for improving soil physical characteristics in a forested urban park. *Urban Ecosyst* 2011:261–278.
- [147] Zhukova Y O, Yorkina N V BVS and KOM. *Biosystems Diversity* 2020:390–398.
- [148] Kunakh O, Zhukova Y, Yakovenko V, Zhukov O. The role of soil and plant cover as drivers of soil macrofauna of the Dnipro River floodplain ecosystems. *Folia Oecologica* 2023;50:16–43. <https://doi.org/10.2478/foecol-2023-0002>.
- [149] Manyuk V. Structure, typology, dynamics and restoring oaks in the Dnyprovsko–Orylsky Nature Reserve [Struktura, typolohiia, dynamika ta vidnovlennia dibrov u Dnirovsko- Orilskomu pryrodnomu zapovidnyku]. PhD Thesis Biol Sci 030016 Oles Honchar Dnipropetr Natl Univ Dnipropetr 2005.
- [150] Manyuk V. Geological history of the Dnipro Rapids from Paleogene to Holocene. *J Geol Geogr Geoecology* 2019;28:114–32. <https://doi.org/10.15421/111913>.
- [151] Gritsan YI, Kunakh OM, Dubinina JJ, Kotsun VI, Tkalich YI. The catena aspect of the landscape diversity of the «Dnipro-Orilsky» natural reserve. *J Geol Geogr Geoecology* 2019;28:417–31. <https://doi.org/10.15421/111939>.
- [152] Zymaroieva A, Bondarev D, Kunakh O, Svenning J-C, Zhukov O. Which Fish Benefit from the Combined Influence of Eutrophication and Warming in the Dnipro River (Ukraine)? *Fishes* 2022;8:14. <https://doi.org/10.3390/fishes8010014>.
- [153] World Reference Base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps.

- (World Soil Resour Reports No 106) World Soil Resour Reports No 106
FAO, Rome 2015;WRB.
- [154] Rozanov BG. Soil morphology [Morfologia pochv]. Moscow Acad Proj
Moscow Univ Press 2004:432.
- [155] Westhoff V and Van Der Maarel E. The Braun-Blanquet Approach.
(Springer Netherlands) 1978:287–399.
- [156] Didukh Y P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their
use in synphytoindication. (Phytosociocenter) 2011.
- [157] Zhukov A and Gadorozhnaya G. *Ekol'ogia*. (Bratislava) 2016:263–278.
- [158] Zhukov O V, Kunakh O M, Dubinina Y Y, Fedushko M P, Kotsun V I ZYO
and PO V. *Folia Oecologica* 2019:101–114.
- [159] Diaz-Zorita M. *Soil and Tillage Research* 2002:3–22.
- [160] Olaya V, Conrad O. Chapter 12 Geomorphometry in SAGA, 2009, p. 293–
308. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00012-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00012-3).
- [161] Bock, M., & Köthe R. Predicting the depth of hydromorphic soil
characteristics influenced by ground water. *Hamburg Beiträge Zur Phys
Geogr Und Landschaftsökologie* 2008:13–22.
- [162] Valerko R, Herasymchuk L, Pitsil A, Palkevich J. Gis-Based Assessment of
Risk for Drinking Water Contamination to Children's Health in Rural
Settlements. *Ekol'ogia (Bratislava)* 2022;41:312–21.
<https://doi.org/10.2478/eko-2022-0032>.
- [163] Susetyo C. Comparison of digital elevation modelling methods for urban
environment. *ARNP J Eng Appl Sci* 2016;11(5):2957–2965.
- [164] Kunakh OM, Yorkina N V., Zhukov O V., Turovtseva NM, Bredikhina YL,
Logvina-Byk TA. Recreation and terrain effect on the spatial variation of the
apparent soil electrical conductivity in an urban park. *Biosyst Divers*
2020;28:3–8. <https://doi.org/10.15421/012001>.
- [165] Zhukov O, Yorkina N, Budakova V, Kunakh O. Terrain and tree stand effect
on the spatial variation of the soil penetration resistance in an Urban Park. *Int
J Environ Stud* 2022;79:485–501.

<https://doi.org/10.1080/00207233.2021.1932368>.

- [166]Hojati, M., & Mokarram M. Determination of a topographic wetness index using high resolution digital elevation models. *Eur J Geogr* 2016;7(4):41–52.
- [167]Beaudette, D., Roudier, P., Brown A. *aqp: algorithms for quantitative pedology*. R package version 1.42. 2022.
- [168]Oksanen, J., Simpson, G.L., Blanchet, F.G., Friendly M, Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O’Hara RB, Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner H, Barbour, M., Bedward, M., Beolker, B., Borcard D, Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M. D, S., Evangelista, H.B.A., Rich, F., Friendly, M. F, et al. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-4. 2022.
- [169]Thioulouse J, Dray S, Dufour A-B, Siberchicot A, Jombart T, Pavoine S. *Multivariate Analysis of Ecological Data with ade4*. New York, NY: Springer New York; 2018. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8850-1>.
- [170]Bray J R and Curtis J T. *Ecological Monographs* 1957:325–349.
- [171]Warton D I WST and WY. *Methods in Ecology and Evolution* 2012:89–101.
- [172]Hout M C PMH and GSD. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science* 2013:93–103.
- [173]Oksanen J, Blanchet F, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlenn D, Minchin P, O’Hara R B S, G L, Solymos P, Stevens M H H SE and WH. *No Title* 2019.
- [174]Dray S, P’elissier R, Couteron P, Fortin M J, Legendre P, Peres-Neto P R, Bellier E, Bivand R B, F G, De C’aceres M, Dufour A B, Heegaard E, Jombart T, Munoz F, Oksanen J TJ andWagner, H H. *Ecological Monographs* 2012:257–275.
- [175]Gilbert B and Bennett J R. *Journal of Applied Ecology* 2010:1071–1082.
- [176]Dray S, Bauman D, Blanchet G, Borcard D, Clappe S, Guenard G, Jombart T, Larocque G LP, H MN and W. *No Title* 2018.
- [177]Borcard D and Legendre P. *Ecological Modelling* 2002:51–68.
- [178]Zelen’y D. Adjusted r^2 in partial constrained ordination: the difference

- between r (vegan) and canoco 2016.
- [179] Jenny H. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. McGraw-Hill Book Company, New York. 1941.
- [180] Xu, X.-L., Ma, K.-M., Fu, B.-J., Song, C.-J., & Liu W. Relationships between vegetation and soil and topography in a dry warm river valley, SW China. *Catena*, 75(2) 2008:138–145.
- [181] Yan Q, Iwasaki T, Stumpf A, Belmont P, Parker G, Kumar P. Hydrogeomorphological differentiation between floodplains and terraces. *Earth Surf Process Landforms* 2018;43:218–28.
<https://doi.org/10.1002/esp.4234>.
- [182] Celarino AL de S, Ladeira FSB. How fast are soil-forming processes in Quaternary sediments of a tropical floodplain? A case study in southeast Brazil. *CATENA* 2017;156:263–80.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.04.002>.
- [183] Childs EC. The use of soil moisture characteristics in soil studies 1940; *Soil Scien*:239–252.
- [184] Zhou RX, Wang J, Tang CJ, Zhang YP, Chen XA, Li X, et al. Identifying soil water movement and water sources of subsurface flow at a hillslope using stable isotope technique. *Agric Ecosyst Environ* 2023;343:108286.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108286>.
- [185] Penížek V, Zádorová T, Kodešová R, Vaněk A. Influence of Elevation Data Resolution on Spatial Prediction of Colluvial Soils in a Luvisol Region. *PLoS One* 2016;11:e0165699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165699>.
- [186] Wierzbicki G, Ostrowski P, Falkowski T. Applying floodplain geomorphology to flood management (The Lower Vistula River upstream from Plock, Poland). *Open Geosci* 2020;12:1003–16.
<https://doi.org/10.1515/geo-2020-0102>.
- [187] Shimojima, E., Tamagawa, I., & Turner J V. Experimental investigation of evaporation and condensation in sandy soils under simulated arid conditions. In: Schirmer, M., Hoehn, E., & Vogt, T. (Eds.). *Proceeding of 7th*

- International groundwater quality conference held in Zurich, Switzerland. *Internat* 2011:405–9.
- [188] Paton B. On approval of the program of the annals of nature. In: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine. No. 465/430 of 25.11.2002. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, Kyiv. 2002.
- [189] Diviaková A, Veverková D, Belaňová E. Proposals to Promote Ecological Stability and Landscape Biodiversity Conditions in the Land Consolidation Project: A Case Study of Horný Vinodol, Slovakia. *Ekológia (Bratislava)* 2022;41:361–74. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0037>.
- [190] Ward, J. V, Malard, F., Tockner K. Landscape ecology: a framework for integrating pattern and process in river corridors. *Landsc Ecol* 2002;17 (1):35–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1015277626224>.
- [191] Gregory S V., Swanson FJ, McKee WA, Cummins KW. An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. *Bioscience* 1991;41:540–51. <https://doi.org/10.2307/1311607>.
- [192] Serra-Llobet A, Jähnig SC, Geist J, Kondolf GM, Damm C, Scholz M, et al. Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction: Experiences in Multi-Benefit Floodplain Management From California and Germany. *Front Environ Sci* 2022;9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568>.
- [193] Bujnovský R, Koco Š. Definition of hot-spots to reduce the nitrogen losses from agricultural land to groundwater in Slovakia. *Ekológia (Bratislava)* 2022;41:291–300. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0030>.
- [194] El Hourani M, Broll G. Soil Protection in Floodplains—A Review. *Land* 2021;10:149. <https://doi.org/10.3390/land10020149>.
- [195] Hale R, Reich P, Daniel T, Lake PS, Cavagnaro TR. Scales that matter: guiding effective monitoring of soil properties in restored riparian zones. *Geoderma* 2014;228–229:173–81. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.09.019>.

- [196] Słowik M. The evolution of meandering and anabranching rivers in postglacial and loess landscapes of Europe. *The Holocene* 2023;33:208–30. <https://doi.org/10.1177/09596836221131712>.
- [197] Ponomarenko OM, Nykyforov VV, Yakovenko VM. CHANGES OF CHEMICAL AND MICROMORPHOLOGICAL PROPERTIES OF POLTAVA REGION SOILS OF UKRAINE FOR THE LAST 130 YEARS. *Ukr Geogr J* 2022:18–26. <https://doi.org/10.15407/ugz2022.01.018>.
- [198] Demir T, Westaway R, Bridgland D. The Influence of Crustal Properties on Patterns of Quaternary Fluvial Stratigraphy in Eurasia. *Quaternary* 2018;1:28. <https://doi.org/10.3390/quat1030028>.
- [199] Parkhomenko O. Holocene paedogenesis of overflow plains in the middle Prydniprovnia area. *Sci J Natl Pedagog Dragomanov Univ Ser 4 129 Geogr Mod* 2015;19 (33):63–73.
- [200] Panin A, Adamiec G, Arslanov K, Bronnikova M, Filippov V, Sheremetskaya E, et al. Absolute chronology of fluvial events in the Upper Dnieper River system and its palaeogeographic implications. *Geochronometria* 2014;41:278–93. <https://doi.org/10.2478/s13386-013-0154-1>.
- [201] Rinklebe J, Langer U. Microbial diversity in three floodplain soils at the Elbe River (Germany). *Soil Biol Biochem* 2006;38:2144–51. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.01.018>.
- [202] Scoggins HL, van Iersel MW. In Situ Probes for Measurement of Electrical Conductivity of Soilless Substrates: Effects of Temperature and Substrate Moisture Content. *HortScience* 2006;41:210–4. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.1.210>.
- [203] Stolt MH, Genthner MH, Daniels WL, Groover VA. Spatial Variability in Palustrine Wetlands. *Soil Sci Soc Am J* 2001;65:527–35. <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.652527x>.
- [204] Mounirou LA, Yonaba R, Tazen F, Ayele GT, Yaseen ZM, Karambiri H, et al. Soil Erosion across Scales: Assessing Its Sources of Variation in Sahelian

- Landscapes under Semi-Arid Climate. *Land* 2022;11:2302.
<https://doi.org/10.3390/land11122302>.
- [205] Krasa J, Dostal T, Jachymova B, Bauer M, Devaty J. Soil erosion as a source of sediment and phosphorus in rivers and reservoirs – Watershed analyses using WaTEM/SEDEM. *Environ Res* 2019;171:470–83.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.044>.
- [206] Ma Y, Minasny B, Viaud V, Walter C, Malone B, McBratney A. Modelling the Whole Profile Soil Organic Carbon Dynamics Considering Soil Redistribution under Future Climate Change and Landscape Projections over the Lower Hunter Valley, Australia. *Land* 2023;12:255.
<https://doi.org/10.3390/land12010255>.
- [207] Kunakh O, Zhukova Y, Yakovenko V, Daniuk O. Influence of Plants on the Spatial Variability of Soil Penetration Resistance. *Ekológia (Bratislava)* 2022;41:113–25. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0012>.
- [208] Wälder K, Wälder O, Rinklebe J, Menz J. Estimation of soil properties with geostatistical methods in floodplains. *Arch Agron Soil Sci* 2008;54:275–95.
<https://doi.org/10.1080/03650340701488485>.
- [209] Šamonil P, Daněk P, Schaetzl RJ, Tejnecký V, Drábek O. Converse pathways of soil evolution caused by tree uprooting: A synthesis from three regions with varying soil formation processes. *CATENA* 2018;161:122–36.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.032>.
- [210] Didukh YP, Chusova OO, Olshevska IA, Polishchuk YV. River valleys as the object of ecological and geobotanical research. *Ukr Bot J* 2015;72:415–30. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj72.05.415>.
- [211] Woronko B, Zagórski Z, Cyglicki M. Soil-development differentiation across a glacial–interglacial cycle, Saalian upland, E Poland. *CATENA* 2022;211:105968. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105968>.
- [212] Zuffetti C, Trombino L, Zembo I, Bersezio R. Soil evolution and origin of landscape in a late Quaternary tectonically mobile setting: The Po Plain–Northern Apennines border in Lombardy (Italy). *CATENA* 2018;171:376–

97. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.026>.
- [213] Zhukov, O.V., Zadorozhnaya, G.O., Kotsun, V.I. M, M.S. Soddy-alluvial soils of the River Dniepro floodplain within the natural reserve “Dnieper-Orelysky”: morphology and profile distribution of the physical properties. *News Dnipropetr State Agrar Econ Univ* 2017;3 (45):44–55.
- [214] Pazzaglia FJ, Gardner TW. Fluvial terraces of the lower Susquehanna River. *Geomorphology* 1993;8:83–113.
[https://doi.org/10.1016/0169-555X\(93\)90031-V](https://doi.org/10.1016/0169-555X(93)90031-V).
- [215] Kothyari GC, Luirei K. Late Quaternary tectonic landforms and fluvial aggradation in the Saryu River valley: Central Kumaun Himalaya. *Geomorphology* 2016;268:159–76.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.06.010>.
- [216] Luirei K, Bhakuni SS, Kothyari GC. Geomorphologic study of the valley floor in different tectonic segments along Kosi River valley between South Almora Thrust and Himalayan Frontal Thrust: Kumaun Himalaya, India. *Geol J* 2018;53:1500–15. <https://doi.org/10.1002/gj.2969>.
- [217] Pazzaglia FJ. 9.22 Fluvial Terraces. *Treatise Geomorphol.*, Elsevier; 2013, p. 379–412. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00248-7>.
- [218] Bockheim, J.G., Hartemink AE. Classification and distribution of soils with lamellae in the USA. *Geoderma* 2013;206:92–100.
- [219] Gus-Stolarczyk M, Drewnik M, Szymański W, Stolarczyk M. Impact of podzolization on lamellae transformation in sandy soils in a temperate climate – A case study from southern Poland. *Geoderma* 2022;406:115535. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115535>.
- [220] Holliday VT, Rawling JE. Soil-geomorphic relations of lamellae in eolian sand on the High Plains of Texas and New Mexico. *Geoderma* 2006;131:154–80. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.03.019>.
- [221] Rawling JE. A review of lamellae. *Geomorphology* 2000;35 (1-2):1–9.
- [222] Blume, H. P., Schwertmann U. Genetic evaluation of profile distribution of aluminum, iron, and manganese oxides. *Soil Sci Soc Am J* 1969;33 (3):438–

444.

- [223] Zaidel'man FR, Stepantsova L V., Nikiforova AS, Krasin VN, Dautokov IM, Krasina T V. Light Gray Surface-Gleyed Loamy Sandy Soils of the Northern Part of Tambov Plain: Agroecology, Properties, and Diagnostics. *Eurasian Soil Sci* 2018;51:395–406. <https://doi.org/10.1134/S1064229318040130>.
- [224] Field JP, Breshears DD, Whicker JJ. Toward a more holistic perspective of soil erosion: Why aeolian research needs to explicitly consider fluvial processes and interactions. *Aeolian Res* 2009;1:9–17. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2009.04.002>.
- [225] Liu B, Coulthard TJ. Mapping the interactions between rivers and sand dunes: Implications for fluvial and aeolian geomorphology. *Geomorphology* 2015;231:246–57. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.12.011>.
- [226] Yang, F., Zhang, G.-L., Sauer, D., Yang, F., Yang R-M, Liu, F., Song, X.-D., Zhao, Y-D., Li, D.-C., Yang J-L. The geomorphology – sediment distribution – soil formation nexus on the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau: implications for landscape evolution. *Geomorphol* 354 2020;107040.
- [227] Gerrard J. Alluvial soils. Van Nostrand Reinhold Soil Science Series. New York: Van Nostrand Reinhold 1987:305.
- [228] Kercheva M, Sokółowska Z, Hajnos M, Skic K, Shishkov T. Physical parameters of Fluvisols on flooded and non-flooded terraces. *Int Agrophysics* 2017;31:73–82. <https://doi.org/10.1515/intag-2016-0026>.
- [229] Świtoniak M, Michalski A, Markiewicz M. Classification of alluvial soils - problematic issues on the examples from South Baltic Lakelands, north Poland. *Soil Sci Annu* 2022;73:1–11. <https://doi.org/10.37501/soilsa/157099>.
- [230] Zhukov O, Kunakh O, Yorkina N, Tutova A. Response of soil macrofauna to urban park reconstruction. *Soil Ecol Lett* 2023;5:220156. <https://doi.org/10.1007/s42832-022-0156-0>.
- [231] Golovnya A V. The impact of the Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University reconstruction on the soil aggregate structure. *Ecol Noospherology* 2023;34:123–7. <https://doi.org/10.15421/032319>.

- [232] Yudina A, Kuzyakov Y. Dual nature of soil structure: The unity of aggregates and pores. *Geoderma* 2023;434:116478. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116478>.
- [233] Umerova A, Zhukov O, Yorkina N. The soil aggregate structure as a marker of the ecological niche of the micromollusc *Vallonia pulchella*. *J Water L Dev* 2021:66–74. <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.139945>.
- [234] Ren L, Yao S, Sun J, Zhou H. Assessment of soil aggregate pore structure after 8 years of cultivation from the parent material of a Mollisol. *CATENA* 2024;235:107699. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107699>.
- [235] Li H, Zhang Q, Wu J, Zou H, Xia X, Dan C, et al. Response of soil aggregate disintegration to antecedent moisture during splash erosion. *CATENA* 2024;234:107633. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107633>.
- [236] Tutova GF, Zhukov O V, Kunakh OM, Zhukova YO. Response of earthworms to changes in the aggregate structure of floodplain soils. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 2022;1049:012062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012062>.
- [237] Zhu K, Ran Y, Ma M, Li W, Mir Y, Ran J, et al. Ameliorating soil structure for the reservoir riparian: The influences of land use and dam-triggered flooding on soil aggregates. *Soil Tillage Res* 2022;216:105263. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105263>.
- [238] Papadopoulos A. Soil aggregates, structure, and stability. (Springer) 2011:736–740.
- [239] Wojciechowski T, Mazur A, Przybylak A, Piechowiak J. Effect of Unitary Soil Tillage Energy on Soil Aggregate Structure and Erosion Vulnerability. *J Ecol Eng* 2020;21:180–5. <https://doi.org/10.12911/22998993/118281>.
- [240] Biesgen D, Frindte K, Maarastawi S, Knief C. Clay content modulates differences in bacterial community structure in soil aggregates of different size. *Geoderma* 2020;376:114544. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114544>.
- [241] Chaube UC, Pandey A, Singh VP. *Soil Moisture and Its Measurement*, 2023,

- p. 471–83. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42812-8_19.
- [242] Leeper RD, Palecki MA, Watts M, Diamond H. On the Detection of Remotely Sensed Soil Moisture Extremes. *J Appl Meteorol Climatol* 2023;62:1611–26. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-23-0059.1>.
- [243] Liu S, van Meerveld I, Zhao Y, Wang Y, Kirchner JW. Seasonal dynamics and spatial patterns of soil moisture in a loess catchment. *Hydrol Earth Syst Sci* 2024;28:205–16. <https://doi.org/10.5194/hess-28-205-2024>.
- [244] Kim Y, Park H, Kimball JS, Colliander A, McCabe MF. Global estimates of daily evapotranspiration using SMAP surface and root-zone soil moisture. *Remote Sens Environ* 2023;298:113803. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113803>.
- [245] Vishwakarma DK, Kumar R, Abed SA, Al-Ansari N, Kumar A, Kushwaha NL, et al. Modeling of soil moisture movement and wetting behavior under point-source trickle irrigation. *Sci Rep* 2023;13:14981. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41435-4>.
- [246] Didukh V, Tsiz I, Tarasyuk V, Khomych S. Research of the Process of Formation of a Moisture-retaining Layer in the Soil. *Natl Interag Sci Tech Collect Work Des Prod Exploit Agric Mach* 2023:149–57. <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.149-157>.
- [247] Onwuka M, Bubu A, Nwabuzor PO. Determination of Some Physical Properties and Electrical Conductivity of Loamy Soil with Additives. *Asian J Res Rev Phys* 2023;7:35–42. <https://doi.org/10.9734/ajr2p/2023/v7i2137>.
- [248] Schwarz H, Bertermann D. Mediate relation between electrical and thermal conductivity of soil. *Geomech Geophys Geo-Energy Geo-Resources* 2020;6:50. <https://doi.org/10.1007/s40948-020-00173-x>.
- [249] El-Naggar AG, Hedley CB, Roudier P, Horne D, Clothier BE. Imaging the electrical conductivity of the soil profile and its relationships to soil water patterns and drainage characteristics. *Precis Agric* 2021;22:1045–66. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09763-x>.
- [250] Mirzakhani-fachi H, Mani I, Hasan M, Nafchi AM, Parray RA, Kumar D.

- Development of Prediction Models for Soil Nitrogen Management Based on Electrical Conductivity and Moisture Content. *Sensors* 2022;22:6728. <https://doi.org/10.3390/s22186728>.
- [251] Tang Y, Wei H, Chen Y, Huang B, Zhang S. Modeling of permeability for granular soils considering the particle size distribution. *Granul Matter* 2023;25:35. <https://doi.org/10.1007/s10035-023-01323-0>.
- [252] Zarooei F, Fereidooni D. Assessing the Effect of Particle Size Distribution on Permeability of Silty-Sandy Soils. *Geotech Geol Eng* 2023;41:3681–98. <https://doi.org/10.1007/s10706-023-02481-x>.
- [253] Medeiros WN, Valente DSM, Queiroz DM de, Pinto F de A de C, Assis IR de. Apparent soil electrical conductivity in two different soil types. *Rev CIÊNCIA AGRONÔMICA* 2018;49. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180005>.
- [254] Panagos P, De Rosa D, Liakos L, Labouyrie M, Borrelli P, Ballabio C. Soil bulk density assessment in Europe. *Agric Ecosyst Environ* 2024;364:108907. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108907>.
- [255] Al-Ogaidi AAM, Mahmood MT, Mohammed AK, Yasin HI. Effect of Soil Bulk Density on Water Infiltration in Layered Soil. *Tikrit J Eng Sci* 2023;30:174–89. <https://doi.org/10.25130/tjes.30.3.16>.
- [256] KRAVCHUK V, IVANIUTA M, BRATISHKO V, HUMENIUK Y, KURKA V. ON-STREAM SOIL DENSITY MEASURING. *INMATEH Agric Eng* 2023:665–72. <https://doi.org/10.35633/inmateh-69-64>.
- [257] Barron C, Santelices M, Clunes J, Pinochet D. Does earthworm density change the quality of degraded volcanic soil? *Appl Soil Ecol* 2024;193:105154. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105154>.
- [258] Syromyatnikov Y, Troyanovskaya I, Zagidullin R, Tikhonov E, Orekhovskaya A, Voinash S. Soil Density in Traditional Mouldboard Tillage. *Acta Technol Agric* 2023;26:159–65. <https://doi.org/10.2478/ata-2023-0021>.
- [259] Matviichuk B, Matviichuk N, Korevo N. DENSITY OF THE STRUCTURE AND HARDNESS OF THE SOIL FOR GROWING WINTER WHEAT.

- Ukr J Nat Sci 2023:167–75.
<https://doi.org/10.35433/naturaljournal.3.2023.167-175>.
- [260] Ruiz-Chávez FDJ, Gutiérrez-Villalobos JM, Arroyo H. Characterization of the relationship soil density and simple compression resistance of silty soils. *Rev Ing Mecánica* 2022:15–20.
<https://doi.org/10.35429/JME.2022.18.6.15.20>.
- [261] Lawton EC, Fragasz RJ, Hetherington MD. Review of Wetting-Induced Collapse in Compacted Soil. *J Geotech Eng* 1992;118:1376–94.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1992\)118:9\(1376\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1992)118:9(1376)).
- [262] Sangtian N, Thaveevouthti T, Puatatsananon W, Viratjandr C. A Simplified Procedure to Estimate Effects of Soil Lumps on Some Properties of Compacted Soil. *Int J Eng Res Mech Civ Eng* 2023;10.
<https://doi.org/10.36647/IJERMCE/10.04.A004>.
- [263] Domnich V I DAV and ZO V. *Biosystems Diversity* 2021:195–206.
- [264] Jansen F and Oksanen J. *Journal of Vegetation Science* 2013:1108–1117.
- [265] Araujo M A ZYL and LR. *Geoderma* 2017:1–10.
- [266] Owens P and Rutledge E. *MORPHOLOGY*. (Elsevier) 2005.
- [267] Kandasamy S, Weerasuriya N, White J F PG and LG. Soil's physical and nutritional balance is essential for establishing a healthy microbiome. (Elsevier) 2021:381–404.
- [268] Li N, You M Y, Zhang B, Han X Z, Panakoulia S, Yuan Y R, Liu K, Qiao Y F, Zou W X NN, S and B. Modeling soil aggregation at the early pedogenesis stage from the parent material of a Mollisol under different agricultural practices 2017:181–214.
- [269] Tisdall J M and Oades J M. *Journal of Soil Science* 1982:141–163.
- [270] Emerson W W and Greenland D J. *Soil Aggregates — Formation and Stability*. Chap Part Th 1990:485–511.
- [271] Wagner S CSR and ST. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 2007:173–180.
- [272] El Hourani M and Broll G. *Land* 2021:149.

- [273] Pahlavan-Rad M R and Akbarimoghaddam A. *CATENA* 2018:275–281.
- [274] Oztas T and Fayetorbay F. *CATENA* 2003:1–8.
- [275] Kværnø S H and Øygarden L. *CATENA* 2006:175–182.
- [276] Sadeghi S H RMB and HZ. *International Soil and Water Conservation Research* 2018:275–279.
- [277] Tisdall J. *Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter.* (CRC Press 2020:57–96.
- [278] Zhukov O, Kunah O, Dubinina Y ZY and GD. *Ekologia.* (Bratislava) 2019:253–272.
- [279] Sukhodolov A, Arnaut N, Kudersky L, Loboda N, Bekh V, Skakalsky B KV and UM. *Western Steppic Rivers.* (Elsevier) 2009:497–523.
- [280] Zhukov O, Kunah O, Fedushko M BA and UA. *Ekol'ogia.* (Bratislava) 2021:178–188.
- [281] Materechera S A DAR and AAM. *Plant and Soil* 1992:69–79.
- [282] Rillig M C, Aguilar-Trigueros C A, Bergmann J, Verbruggen E VSD and LA. *New Phytologist* 2015:1385–1388.
- [283] Baumert V L, Vasilyeva N A, Vladimirov A A, Meier I C K-KI and MCW. *Frontiers in Environmental Science* 2018.
- [284] Kunakh O M, Lisovets O I YNV and ZYO. *Biosystems Diversity* 2021:84–93.
- [285] Goncharov A A and Tiunov A V. *Biology Bulletin Reviews* 2014:393–403.
- [286] Kravchenko A, Chun H C, Mazer M, Wang W, Rose J SA and RM. *Applied Soil Ecology* 2013:134–142.
- [287] Beylich A, Oberholzer H R, Schrader S HH and WBM. *Soil and Tillage Research* 2010:133–143.
- [288] Negassa W C, Guber A K, Kravchenko A N, Marsh T L HB and RML. *PLOS ONE* 2015:e0123999.
- [289] Zhukov O, Kunah O, Dubinina Y GD and ZG. *Ekologia.* (Bratislava) 2017:352–365.
- [290] Rabbi S M F, Daniel H, Lockwood P V, Macdonald C, Pereg L, Tighe M

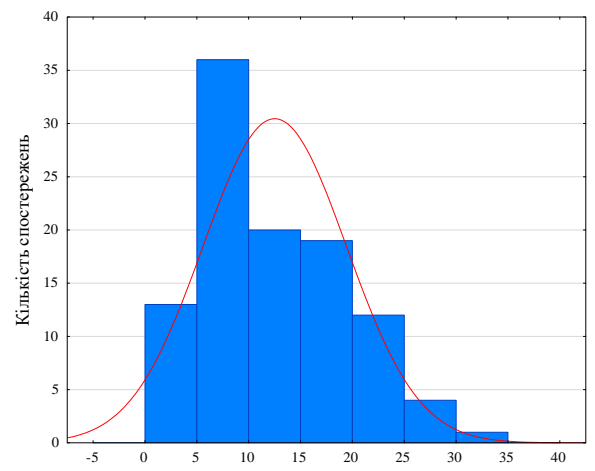
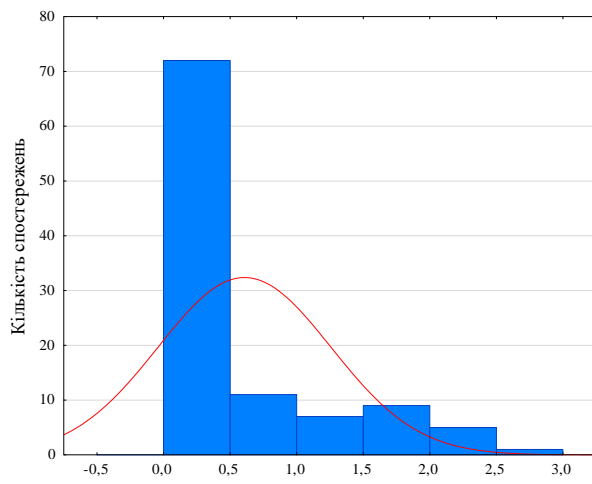
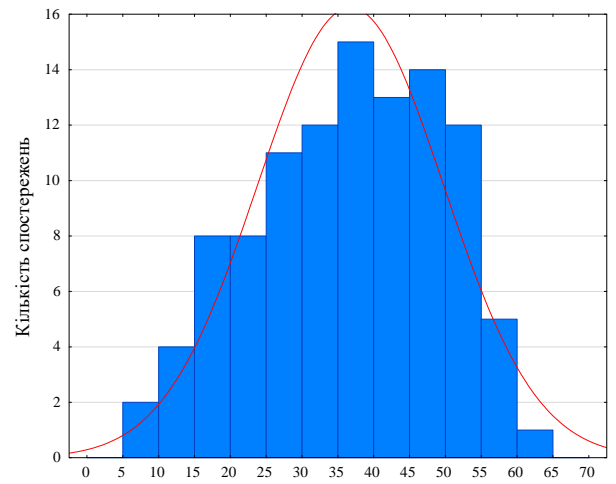
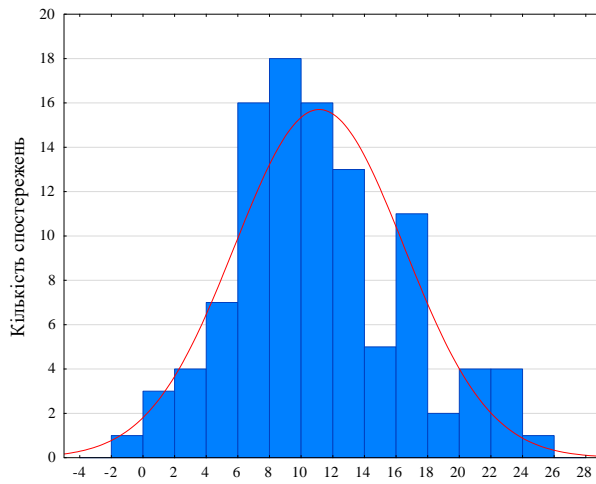
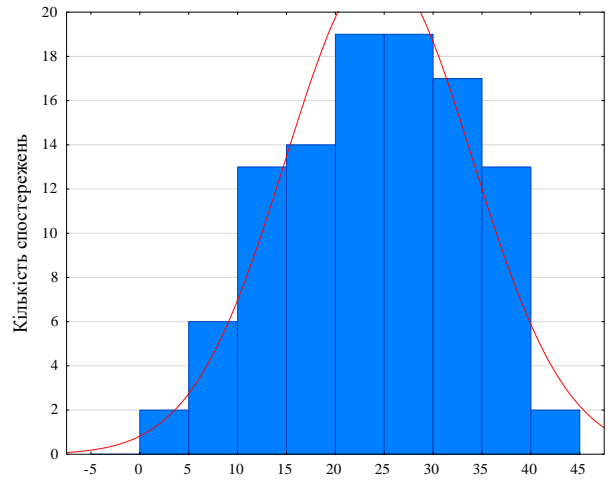
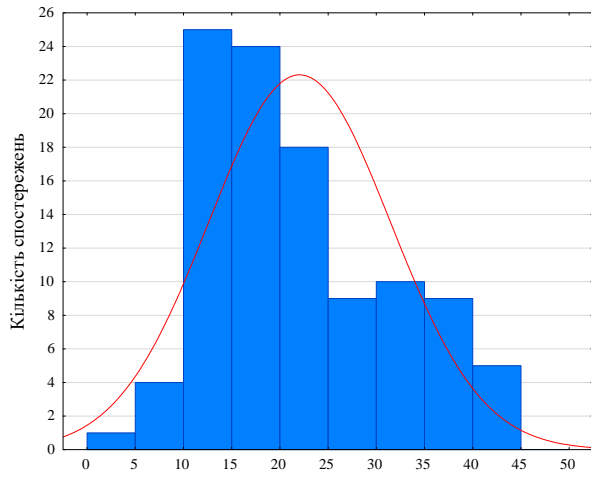
- WBR and YIM. *Scientific Reports* 2016:33012.
- [291] Wilpiseski R L, Aufrecht J A, Retterer S T, Sullivan M B, Graham D E, Pierce E M ZOD, A PAV and ED. *Applied and Environmental Microbiology* 2019:e00324–19.
- [292] Gan H Y, Schöning I, Schall P AC and SM. *Frontiers in Forests and Global Change* 2020.
- [293] Doni S, Macci C, Peruzzi E CB and MG. *The Scientific World Journal* 2014:1–8.
- [294] Kurakov A V and Kharin S A. *Eurasian Soil Science* 2012:429–434.

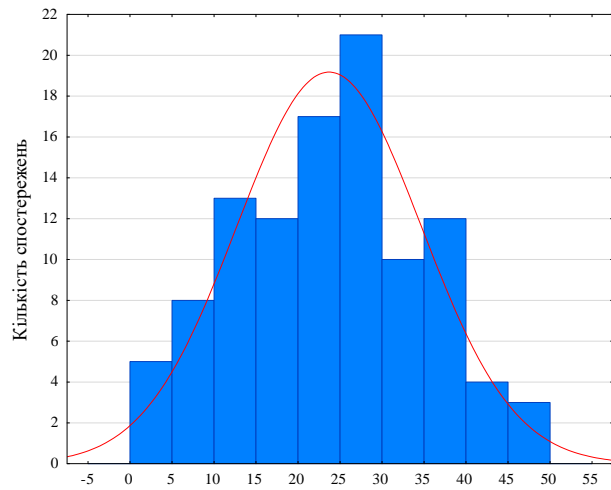
Таблиця 1. Описова статистика варіювання агрегатів ґрунтів розміром від >10 мм до <0,25 мм природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Розмір агрегатів (мм)	Номер полігону	Середнє значення±дисперсія (%)	Діапазон		Тест Колмогорова-Смирнова на відповідність нормальному закону
			Мінімум	Максимум	
>10	2	21,92±0,10	4,5873	43,23	$D = 0,1334; p < 0,0500$
	16	24,3184±0,10	3	41,1202	$D = 0,0671; p < н.з.$
	19	11,0628±0,10	0	24,3969	$D = 0,0714; p < н.з.$
	21	36,5691±0,10	6,2861	60,8891	$D = 0,0615; p < н.з.$
	25	0,6013±0,10	0,0052	2,5679	$D = 0,2594; p < 0,0100$
	26	12,4147±0,10	2,0344	33,1803	$D = 0,1267; p < 0,1000$
	27	23,5394±0,10	0,1918	46,7826	$D = 0,0577; p < н.з.$
	29	13,9489±0,10	11,3841	17	$D = 0,0715; p < н.з.$
7-10	2	11,9265±0,10	6,9222	18,5642	$D = 0,0684; p < н.з.$
	16	10,8268±0,10	3,4653	18,0328	$D = 0,0424; p < н.з.$
	19	9,4601±0,10	4,902	15,7407	$D = 0,0472; p < н.з.$
	20	15,9946±0,10	10,4001	21,4246	$D = 0,0559; p < н.з.$
	21	8,8559±0,10	2,8373	15,2106	$D = 0,0596; p < н.з.$
	24	0,1342±0,10	0	5,4545	$D = 0,5378; p < 0,0100$
	25	4,3575±0,10	0,2431	9,6425	$D = 0,0613; p < н.з.$
	26	7,2916±0,10	0,4751	14,8268	$D = 0,0941; p < н.з.$
	27	10,5007±0,10	3,3734	16,6839	$D = 0,0725; p < н.з.$
	29	7,7587±0,10	6,5	9,1	$D = 0,0762; p < н.з.$
5-7	2	11,9382±0,10	6,796	17,9185	$D = 0,0534; p < н.з.$
	16	11,81±0,10	3,6836	18	$D = 0,0789; p < н.з.$
	19	9,1415±0,10	5,4054	14,491	$D = 0,0492; p < н.з.$
	20	7,6008±0,10	5,9457	8,5864	$D = 0,0731; p < н.з.$
	21	7,975±0,10	3,928	11,797	$D = 0,0579; p < н.з.$
	24	0,1715±0,10	0	5,3683	$D = 0,5355; p < 0,0100$
	25	8,3693±0,10	3,74	13,4305	$D = 0,074; p < н.з.$
	26	9,6885±0,10	4,3695	19,2527	$D = 0,1127; p < 0,1500$

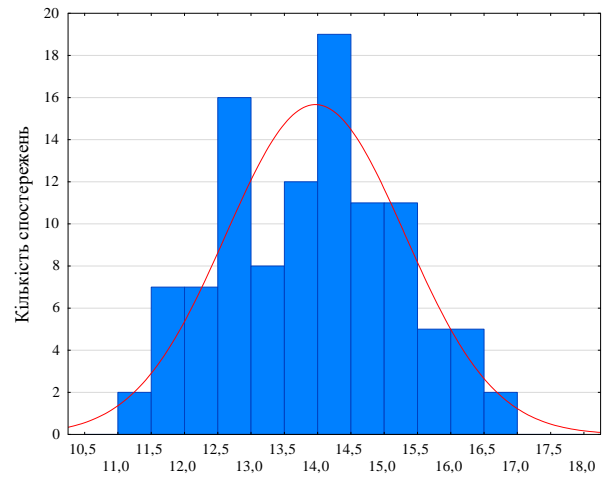
	27	11,4352±0,10	3,9373	17,9972	$D = 0,0667; p < н.з.$
	29	10,0872±0,10	9,1834	10,8131	$D = 0,0843; p < н.з.$
3-5	2	17,7876±0,10	10,3323	27,4447	$D = 0,0594; p < н.з.$
	16	17,7773±0,10	11,77	25,8065	$D = 0,0624; p < н.з.$
	19	12,4738±0,10	6,9348	17,8218	$D = 0,071; p < н.з.$
	21	9,6393±0,10	3,3233	16,7688	$D = 0,0486; p < н.з.$
	24	0,5993±0,10	0	24,0681	$D = 0,5162; p < 0,0100$
	25	13,8145±0,10	5,2295	22,2026	$D = 0,0772; p < н.з.$
	26	23,1926±0,10	8,8104	46,6895	$D = 0,0661; p < н.з.$
	27	17,9585±0,10	8,0564	28,365	$D = 0,0904; p < н.з.$
	29	21,5716±0,10	20,3738	23	$D = 0,052; p < н.з.$
	2-3	2	17,4134±0,10	7,351	28,9089
16		13,5742±0,10	7,5136	20	$D = 0,0611; p < н.з.$
19		19,9232±0,10	10,4022	37,9572	$D = 0,1286; p < 0,1000$
20		9,5875±0,10	7,5252	11,3157	$D = 0,118; p < 0,1500$
21		10,4228±0,10	4,9908	18,8582	$D = 0,0666; p < н.з.$
24		1,4558±0,10	0	36,2216	$D = 0,4817; p < 0,0100$
25		16,0072±0,10	10,3421	23,6307	$D = 0,0855; p < н.з.$
26		26,9022±0,10	8,5731	42,7092	$D = 0,0549; p < н.з.$
27		13,4573±0,10	6,33	23,6239	$D = 0,078; p < н.з.$
29		23,7745±0,10	20,2923	28,657	$D = 0,0965; p < н.з.$
1-2	2	11,7259±0,10	2,1749	26,3692	$D = 0,1025; p < н.з.$
	16	8,3218±0,10	2,6053	23,9434	$D = 0,1691; p < 0,0100$
	19	28,6081±0,10	9,9988	45,679	$D = 0,0791; p < н.з.$
	20	15,9762±0,10	12,633	18,6955	$D = 0,0584; p < н.з.$
	21	11,4371±0,10	4,7157	24,7252	$D = 0,0878; p < н.з.$
	24	7,6117±0,10	0	57,2368	$D = 0,2572; p < 0,0100$
	25	20,6334±0,10	8,8232	31,1245	$D = 0,0655; p < н.з.$
	26	14,1988±0,10	0,5971	37,8849	$D = 0,1287; p < 0,1000$
	27	7,9224±0,10	1,9209	21,9272	$D = 0,1057; p < 0,2000$
	29	12,4131±0,10	10,3718	15,3931	$D = 0,1218; p < 0,1000$
0,5-1	2	2,6013±0,10	0,0082	8,5352	$D = 0,1667; p < 0,0100$
	16	2,158±0,10	0,7937	3,7116	$D = 0,0722; p < н.з.$

	19	1,1732±0,10	0,2809	2,5677	$D = 0,144; p < 0,0500$
	20	32,8894±0,10	29,6	37,0588	$D = 0,057; p < н.з.$
	21	2,0176±0,10	0,3779	10,989	$D = 0,1485; p < 0,0500$
	24	2,3423±0,10	0	16,8067	$D = 0,2634; p < 0,0100$
	25	20,6862±0,10	12,6783	32,4937	$D = 0,0639; p < н.з.$
	26	1,2754±0,10	0,0105	4,0435	$D = 0,1041; p < н.з.$
	27	1,6884±0,10	0,4802	4,0394	$D = 0,0759; p < н.з.$
	29	3,9238±0,10	3,15	4,6976	$D = 0,073; p < н.з.$
0,25-0,5	2	2,6743±0,10	0,0049	10,1428	$D = 0,113; p < 0,1500$
	16	5,9967±0,10	0,7356	20	$D = 0,1469; p < 0,0500$
	19	4,9036±0,10	0,5618	14	$D = 0,1464; p < 0,0500$
	20	5,8935±0,10	4,7863	9,6082	$D = 0,2188; p < 0,0100$
	21	4,8226±0,10	0,5285	15,6052	$D = 0,1395; p < 0,0500$
	24	46,7135±0,10	18,4615	68,323	$D = 0,0735; p < н.з.$
	25	13,4102±0,10	2,272	21,7426	$D = 0,1045; p < 0,2000$
	26	2,0434±0,10	0,0026	7,6142	$D = 0,1628; p < 0,0100$
	27	5,4572±0,10	0,8183	20,7164	$D = 0,1654; p < 0,0100$
	29	3,7077±0,10	2,85	4,6	$D = 0,0819; p < н.з.$
<0,25	2	0,7293±0,10	0,0017	3,2535	$D = 0,2023; p < 0,0100$
	16	8,3197±0,10	0,7356	27,8785	$D = 0,1551; p < 0,0500$
	19	3,3906±0,10	0,5618	11,4411	$D = 0,1634; p < 0,0100$
	20	12,058±0,10	9,5215	13,8896	$D = 0,0511; p < н.з.$
	21	6,8836±0,10	0,6396	18,2879	$D = 0,0781; p < н.з.$
	24	41,0003±0,10	5,4795	76,9231	$D = 0,068; p < н.з.$
	25	4,4971±0,10	2,0191	7,6498	$D = 0,0839; p < н.з.$
	26	0,5823±0,10	0,0021	3,5479	$D = 0,2331; p < 0,0100$
	27	7,9287±0,10	0,4802	28,7728	$D = 0,1611; p < 0,0100$
	29	2,8178±0,10	1,2664	4,1195	$D = 0,0838; p < н.з.$



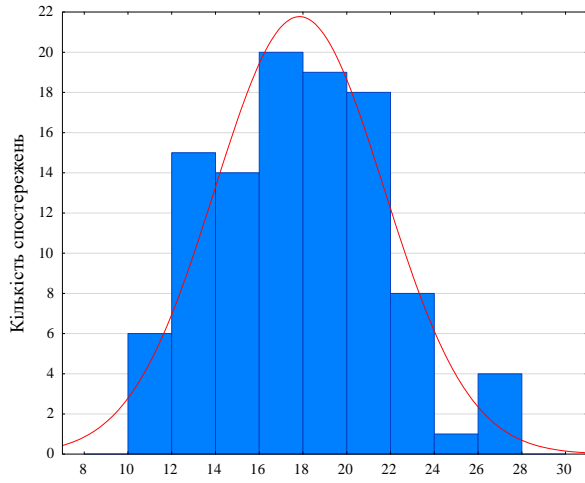


27

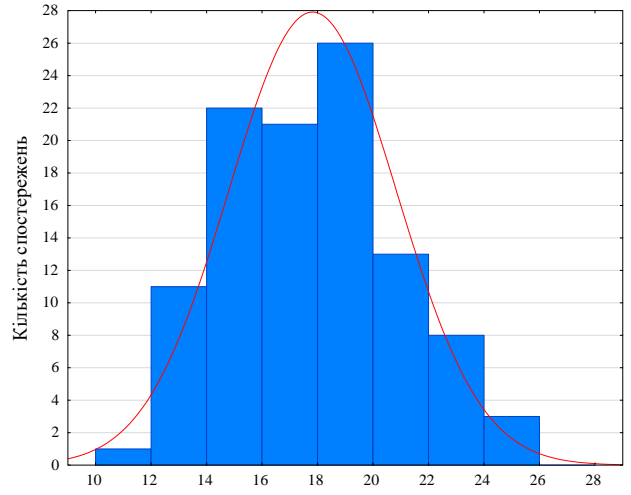


29

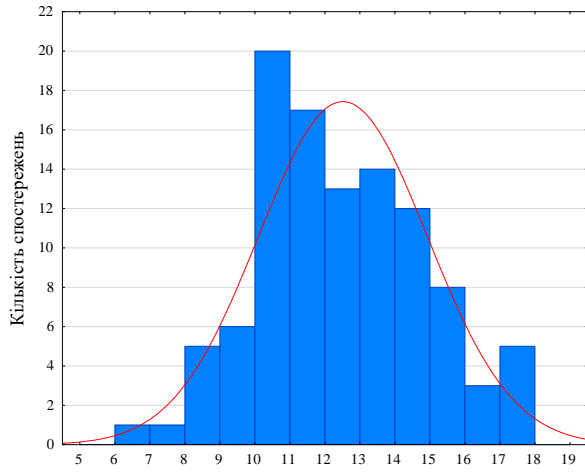
Рисунок 1. Гістограми розподілу агрегатів ґрунтів > 10 мм в глейсолів (ПП2,16,19,20,21) та флювісолів (ПП24,25,26,27,29). Ось абсцис – агрегати > 10 , мм, ось ординат – кількість спостережень. Загальна кількість спостережень – 105.



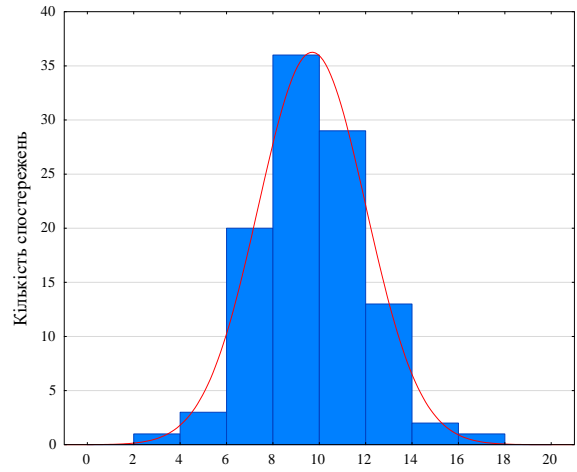
2



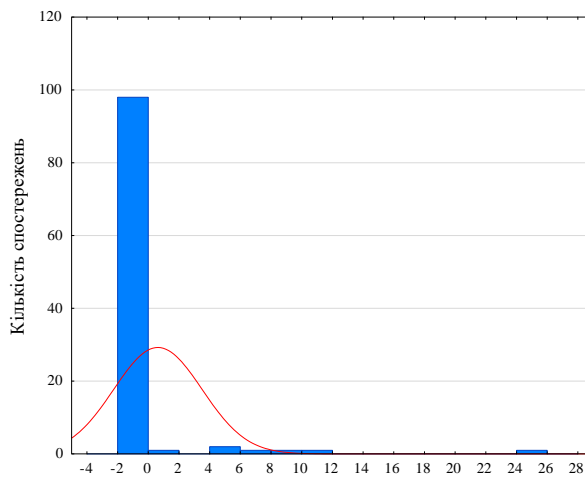
16



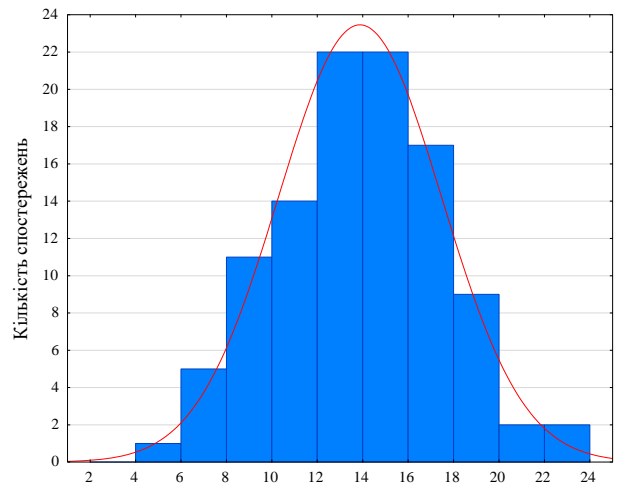
19



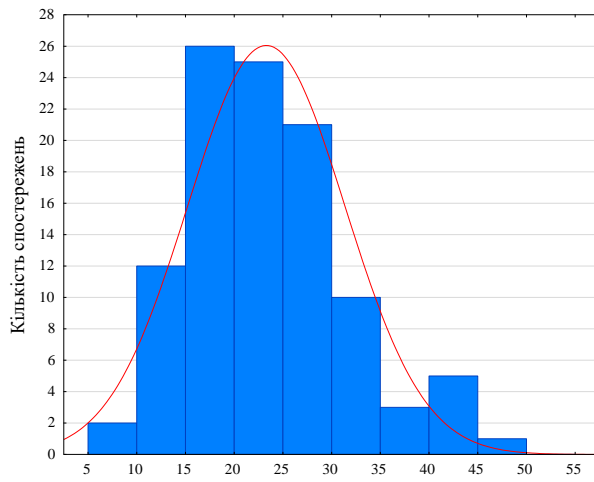
21



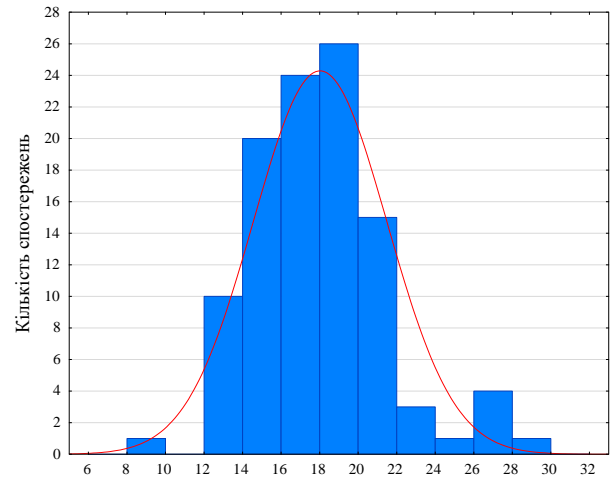
24



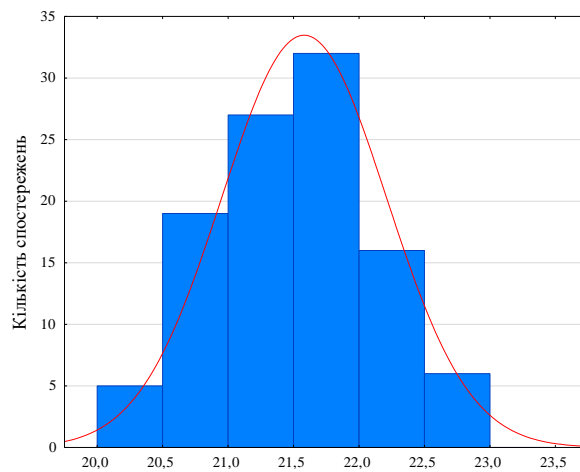
25



26

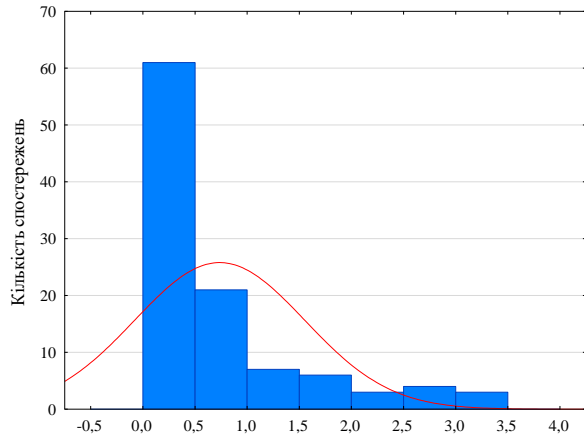


27

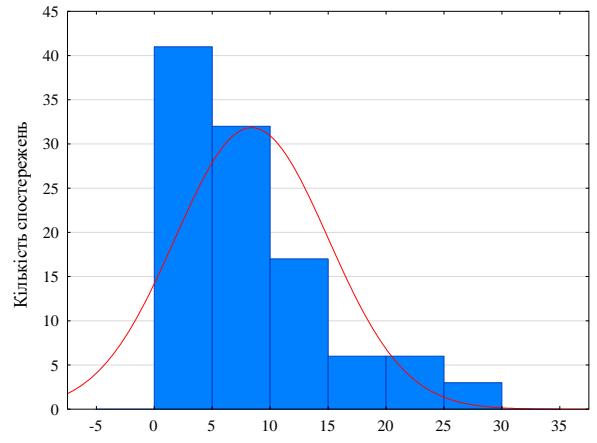


29

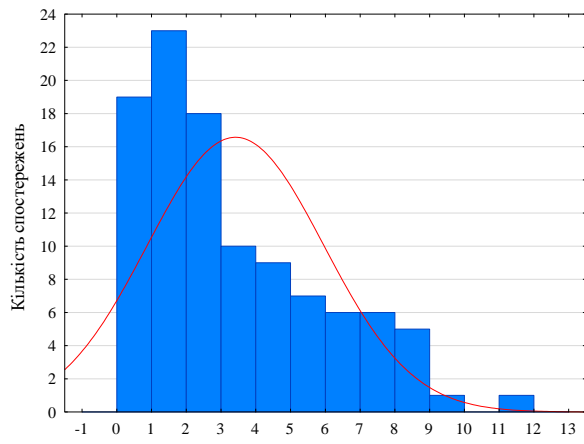
Рисунок 2. Гістограми розподілу агрегатів ґрунтів розміром від 3 до 5 мм в глейсолів (ПП2,16,19,20,21) та флювісолів (ПП24,25,26,27,29). Ось абсцис – агрегати 3-5, мм, ось ординат – кількість спостережень. Загальна кількість спостережень – 105.



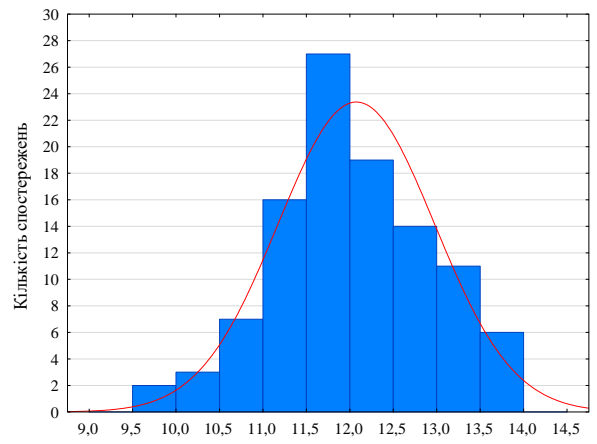
2



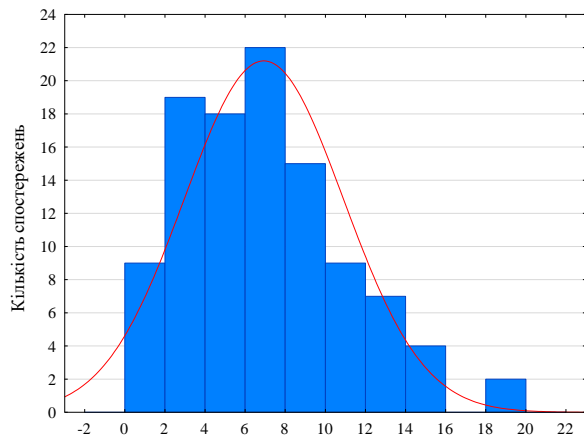
16



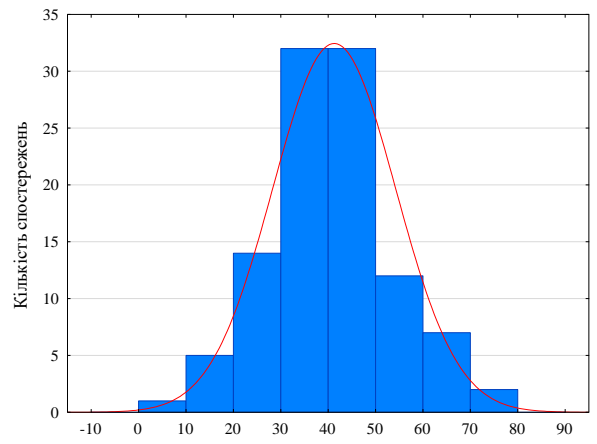
19



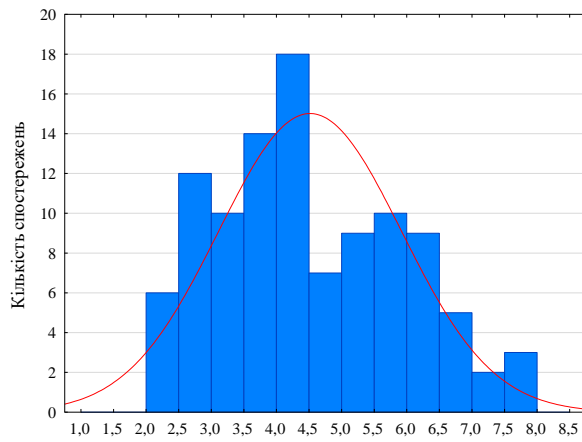
20



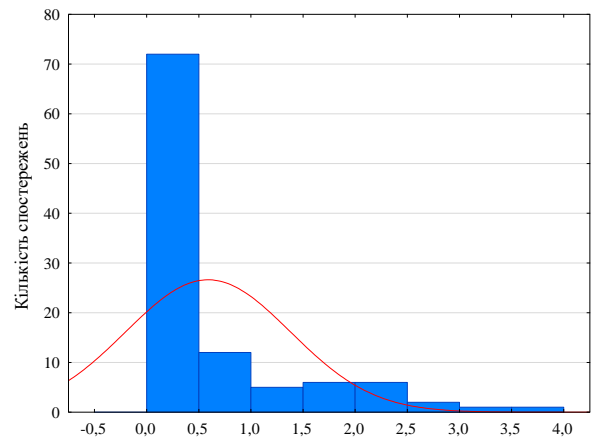
21



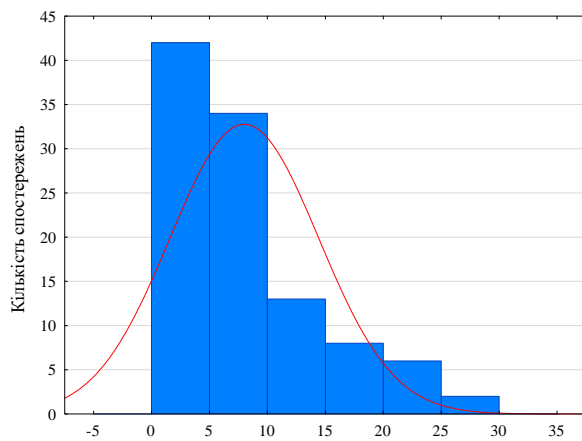
24



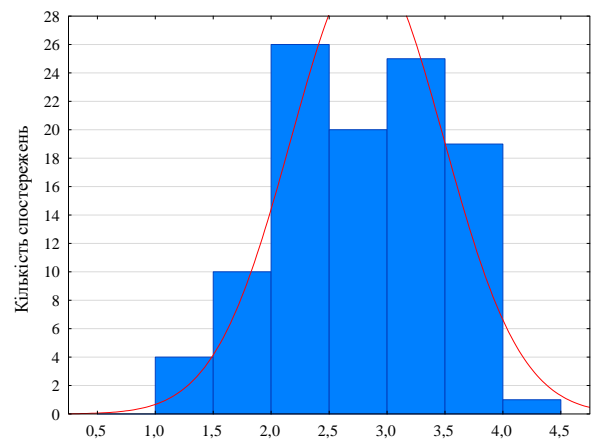
25



26



27



29

Рисунок 3. Гістограми розподілу агрегатів ґрунтів розміром $< 0,25$ мм в глейсолів (ПП2,16,19,20,21) та флювісолів (ПП24,25,26,27,29). Ось абсцис – агрегати $< 0,25$ мм, ось ординат – кількість спостережень. Загальна кількість спостережень – 105.

Таблиця 2. Дані профілю ґрунту

FEP*	Landform	Quaternary sediments	Ground water level (m)	Vegetation	Soil horizons Depth (cm) Texture class Structure Mansellcolor	Soil classification according to WRB (2015)
Arenosol						
3	A leveled area on a sandy hill	Aeolian sands	6.4	Artificial Pinus plantation of <i>Pinus sylvestris</i> L	0-14 Ah1 SL gr 10R/9/8 14-22 Ah2 LS gr 10YR 8/22 22-34 CA LS sb 7.5YR 9/26 34-87 C/A LS sb 10YR 9/15 87-140 C S sg 5P 6/1 140-155 Ct S sg 10YR 6/1 155-200 C' S sg 200-210 C'' S S	Eutric Arenosol (Aeolic, Ochric)
5	A leveled area on a sandy hill	Aeolian sands	12.6	Artificial Pinus plantation of <i>Pinus sylvestris</i> LS	0-8 Ah S sg 10GY 9/20 8-25 CA S sg 7.5YR 9/26 25-36 C S ab 7.5BG 10/1 36-110 Cab S ab 7.5YR 9/26 110-134 C' S ab 10YR 8/26 134-141 Ct S sg 10YR 7/1 141-181 C' S sg 2.5Y 6/1 181-200 Ca'b S sg 10YR 5/1 200-210 C'' S S	Eutric Arenosol (Aeolic, Ochric) Thaptoochric
14	A leveled area on a sandy hill	Aeolian sands	6.4	<i>Acer tataricum</i> L. shrubs	0-14 Ah S sg 5PB 8/13 14-52 C1 S sg 5PB 8/14 52-137 C2 S sg 2.5Y 9/24 137-145 Cab S ab 7.5YR 9/19 145-200 C'2 S ab 10B 9/3	Eutric Arenosol (Aeolic, Ochric) Thaptoochric
24	A leveled area on a sandy hill	Aeolian sands	3.3	Sandy steppe (<i>Festuca ovina</i> L. and <i>Poa g/auca</i> Schkuhr)	0-12 Ah1 S sg 7.5YR 8/15 12-20 Ah2 S sg 7.5Y 9/14 20-81 C/A S sg 2.5Y 9/14 81-100 Ct S sg 5YR 9/19 100-143 Cc S sg 7.5YR 9/17 143-200 C S sg 2.5YR 2/1	Eutric Lamellic Arenosol (Aeolic, Ochric)
Cambisol						
2	Slope of a valley light loam	Alluvial-deluvial	2.4	Oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest L. and <i>Poa g/auca</i> Schkuhr)	0-3 Ah1 SL gr 7.5GY 9/28 3-26 Ah2 SL sg 5GY 10/22 26-80 Ah3 SL sg 10Y 10/14 80-97 BA SL ab 5GY 10/22 97-127 B LS ab 2.5Y 10/22 127-160 Bk gS sg 2.5GY 3/1 160-200 Ck gS 5Y 3/1	Eutric Cambisol (Humic, Loamic)
4	Thalweg of a valley light loam	Alluvial-deluvial	2.6	Meadow (<i>Limonium gmelinii</i> (Willd.) and <i>Poa pratensis</i> L)	0-4 Ah1 LS gr 5Y 9/23 4-32 Ah2 SL gr 7.5Y 9/22 32-71 B1 SL ab 2.5Y 9/14 71-110 B2 SL abab 2.5Y 9/14 110-140 C1 L sb 10YR 9/15 140-180 C2 LS sg 7.5R 5/1 180-200 Cl S 7.5PB 4/2	Eutric Cambisol (Loamic, Ochric)

FEP*	Landform	Quaternary sediments	Ground water level (m)	Vegetation	Soil horizons Depth (cm) Texture class Structure Mansellcolor	Soil classification according to WRB (2015)
18	Slope of a sandy hill	Aeolian light loam and sandy loam	8.1	Artificial plantation of <i>Pinus sylvestris</i> L	0-7 Ah1 SL gr 7.5B 8/14 7-51 Ah2 SL gr 2.5PB 10/2 51-81 Abh SL sb 5PB 10/3 81-100 B SL sb 7.5B 9/2 100-150 C1 SL ab 7.5YR 9/26 150-200 C2 S sg 10PB 6/1	Eutric Arenosol (Humic) Loamic
19	The floodplain of the Protoph River	Aeolian and alluvial sandy loams	1.6	Oak (<i>Quercus robur</i> L) forest	0-7 Ah1 SL gr 5R 8/13 7-17 Ah2 SL ab 2.5B 10/1 17-64 Ah3 LS ab 5PB 9/6 64-105 ABk SL ab 10R 7/11 105-120 Bk SL ab 7.5PB 10/6 120-130 Ck1 SL ab 10YR 5/1 130-155 Ck1 S sg 2.5Y 5/1	Eutric Cambisol (Arenic, Protocalcic, Humic)
20_2	Slope of a valley	Alluvial-deluvial sandy loams	2.5	Elm (<i>Ulmus laevis</i> Pall.) oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest 10R 8/11	0-10 Ahk1 SL gr 5GY 10/14 10-31 Ahk2 SL gr 7.5YR 8/16 31-84 Ahk3 SL gr 10Y 10/14 84-121 Bk LS ab 2.5PB 8/7 121-148 Ck1 S sg 5Y 6/2 148-200 Ck1 S sg	Eutric Cambisol (Arenic Protocalcic, Humic)
Fluvisol 1	The floodplain of the Protoph River	Alluvial light loamy and sandy soils	2.2	Meadow (<i>Festuca valesiaca</i> Schleich. ex SPB 8/13 <i>Potentilla anserina</i> L)	0-7 Ah SL gr 5PB 8/11 7-48 Ahk SL sb 5YR 8/16 48-75 Cak SL ab 5YR 9/23 75-113 Ck SL ab 5YR 8/17 113-136 Ck1 SL ab 2.5B 8/12 136-152 Ck2 LS ab 2.5B 8/12 152-171 Cr1 LS sg 2.5PB 8/14 171-200 Cr2 S sg Humic, Loamic	Eutric Pantofluvic Fluvisol (Protocalcic, Humic, Loamic)
25	The floodplain of the Protoph River	Alluvial sand	1.2	White poplar (<i>Populus alba</i> L) woodland	0-7 Ahk1 LS gr 5GY 9/22 7-35 Ahk2 SL ab 10BG 10/2 35-58 Bk L ab 7.5BG 10/1 58-80 Bck1 L ab 7.5R 8/13 80-112 Ck1 LS ab 5YR 9/18 112-122 Ck1 gS sg 2.5Y 6/3	Eutric Gleyic Pantofluvic Fluvisol (Protocalcic, Humic, Loamic, Nechic)
26	Dnipro River floodplain	Alluvial sandy loams and sands	1.7	Elm (<i>Ulmus laevis</i> Pall.) oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest 5PB 8/11	0-7 Ah1 LS sb 2.5PB 8/8 7-24 Ah2 LS ab 7.5R 7/10 24-43 Acc LS ab 7.5R 8/12 43-54 Cc S sg 5YR 8/20 54-69 ACcb S ab 2.5PB 10/2 69-94 Cacb S ab 2.5YR 9/3 94-133 Ck1 S sg 7.5YR 8/24 10BG 9/10 Thaptochric	Eutric Gleyic Pantofluvic Fluvisol (Arenic, Ochric, Thaptochric)

FEP*	Landform	Quaternary sediments	Ground water level (m)	Vegetation	Soil horizons Depth (cm) Texture class Structure Mansellcolor	Soil classification according to WRB (2015)
27	Dnipro River floodplain	Alluvial sandy loams and sands	1.2	Elm (<i>Ulmus laevis</i> Pall.) oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest	0-6 Ah1 6-18 Ah2 SL gr 10R 5YR 8/12 8/12 8-18 AB SL 2.5YR 8/18 8/15 19-31 AC LS 2.5B 10/1 7.5R 8/13 10-19 Ah2 SL gr 2.5B 7/22 7.5R 8/13 18-38 AB SL gr 2.5YR 8/18 8/15 38-46 C S 2.5YR 8/15 8/16 46-62 Ahkb SL ab 7.5YR 8/16 8/16 62-73 Ckc S ab 5YR 8/23 8/23 73-82 Ahkcb S ab 7.5YR 8/24 8/24 82-93 Ckl S ab 5YR 8/24 8/24 93-106 Ahkbb S ab 7.5PB 10/3 106-117 Crk S sg 10B9/3	Eutric Gleyic Pantofluvic Fluvisol (Protocalcic, Humic, Loamic, Thaptoochric)
28	Dnipro River floodplain	Alluvial sandy loams and sands	1.1	Elm (<i>Ulmus laevis</i> Pall.) oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest	0-10 Ah1 SL gr 2.5B 7/22 7.5R 8/13 10-19 Ah2 SL gr 2.5B 10/1 7.5R 9/10 19-31 AC LS 2.5B 10/1 7.5R 8/13 31-44 C S sg 7.5R 9/10 44-55 Acb S sg 7.5R 8/13 55-74 Cl S sg 2.5YR 8/18 74-82 Calb S sg 5Y 9/13 82-106 Cr S sg 5YR 7/22 Loamic, Thaptoochric)	Eutric Gleyic Pantofluvic S Fluvisol (Humic, Loamic, Thaptoochric)
Gleysol 16	The floodplain of the Protoph River	Alluvial sands	0.2-1.0	Elm (<i>Ulmus laevis</i> Pall.) oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest	0-13 Ahk1 LS gr 2.5GY 5/1 13-38 Ahk2 SL sb 7.5Y 4/3 38-65 ABk SL ab 5G 2.5/1 65-83 CBkl SL ab 5PB 7/5 83-98 Ckl SL ab 7.5YR 2/3 98-101 Crk SL sg 10YR 3/2	Eutric Fluvic Calcic Mollic Gleysol (Humic, Loamic)
20_1	Thalweg of a valley	Alluvial sandy loam	0.2-1.4	Marsh (<i>Poa pratensis</i> and L. and <i>Carex riparia</i> Curtis)	0-17 Ahk1 LS gr 10YR 8/14 17-75 Ahk2 LS ab 7.5GY 9/21 10YR 8/14 75-115 Bhk LS ab 10G 9/17 115-135 Crk gS sg 5B 8/12	Eutric Calcic Mollic Gleysol (Humic, Loamic)
20_2	The floodplain of the Protoph River	Alluvial sandy loam	0.83	Moist meadow (<i>Festuca valesiaca</i> Schleich. ex Gaudin and <i>Potentilla anserina</i> L.)	0-10 Ah1 LS gr 7.5GY 9/14 10-18 Ah2 LS gr 7.5Y 9/14 18-38 Bhk SL gr 5YR 9/18 38-68 Bkl LS ab 5Y 9/23 68-83 Crk SL ab 10YR 10/16	Eutric Fluvic Calcic Mollic Gleysol (Arenic, Humic, Salic)
29_1	Dnipro River floodplain	Alluvial sandy loams and sands	1.4	Elm (<i>Ulmus laevis</i> Pall.) oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest	0-2 A1 SL sb 2.5Y 9/24 2-13 A2 SL sb 10YR 9/19 13-23 A/C SL sb 7.5YR 9/25 23-79 C1 S sg 10YR 10/16 79-97 C2 S ab 10YR 10/16 97-116 C11 S sg 10YR 10/16 116-140 C12 S sg 7.5YR 9/25	Fluvic Gleysol (Arenic, Ochric)

FEP*	Landform	Quaternary sediments	Ground water level (m)	Vegetation	Soil horizons Depth (cm) Texture class Structure Mansellcolor	Soil classification according to WRB (2015)
29_2	Dnipro River floodplain sands	Alluvial sandy loams and sands	1.1	Elm (<i>Ulmus laevis</i> Pall.) oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest	0-7 A1 SL gr 7.5GY 9/26	Eutric Fluvisol Mollic Gleysol (Humic, Loamic)
					7-29 A2 SL sg 2.5Y 10/15	79-110 Cl S sg 7.5G 10/13
					29-41 Acc SL sg 2.5GY 10/14	53-79 Clc S sg 10Y 10/14
					41-53 Cc S sg 5GY 10/22	
					50-65 Bkz L pr 2.5PB 10/2	
					31-50 Bkz L pr 7.5B 9/2	
					18-31 Bhm L pr 10B 9/3	
					3-18 Ah2 SL ab 7.5B 9/2	
					0-3 Ah1 LS gr 2.5YR 7/11	
Solonetz				Salt marsh vegetation (<i>Limonium gmelinii</i> (Willd.) and <i>Poa pratensis</i> L)		
21_1	The floodplain of the Protoph River	Alluvial sandy loam	1.2			
					65-98 Ckz L ab 10R 8/16	98-115 Ckz L ab 7.5PB 10/3

*FEP - польовий експериментальний полігон.