

Містерство освіти та науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Новікова Вікторія Олександрівна

УДК 591.5:639.12

ДИСЕРТАЦІЯ
ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОФАУНИ ҐРУНТУ
АРЕНИ ДОЛИНИ Р. ДНІПРО

03.00.16 – екологія

Біологічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата наук

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

_____ Новікова В.О.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ Жуков Олександр Вікторович,
доктор біологічних наук, доцент

Дніпро 2018

АНОТАЦІЯ

Новікова В. О. Просторова організація ґрунтової мезофауни арени долини р. Дніпро.
– Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, Дніпро, 2018.

Ґрунт – це особливе природно-історичне тіло природи. Неоднорідність ґрунту призводить до того, що для організмів різних розмірів він виступає як різне середовище. Складність ґрунтового середовища створює велику різноманітність умов для різних функціональних груп мезофауни: аеробів, анаеробів, споживачів органічних і мінеральних сполук. Сукупність безлічі абіотичних факторів дає на виході високу різноманітність ґрунтових ніш, які заселяють різні групи тварин.

Вивчення просторової організації мезопедобіонтів є однією зі складових подальшого аналізу їх ролі у функціонуванні біогеоценозів. Ґрунтові безхребетні формують просторові патерни, які змінюються від розмірів окремих агрегатів до розмірів окремих рослин, сільськогосподарських полів і природних екосистем.

Дослідження ґрунтової мезофауни проводились з метою встановлення зв'язку між екоморфічною структурою угруповань ґрунтової мезофауни різних біогеоценозів на арені р. Дніпро (Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»), характеристиками ґрунту і рослинного покриву на таких експериментальних полігонах: в'язо-осокірник з розхідником; піщаний степ; луг; болото; чорнокленовий дубняк з грястицею (балка Орлова).

Для координації метаугруповання мезопедобіонтів було застосовано неметричне багатовимірне шкалювання. Неметричне шкалювання може застосовуватися для ситуацій з будь-яким характером відгуку угруповань живих організмів на фактори навколишнього середовища.

Визначено, що тренди мінливості структури метаугруповання мезопедобіонтів чітко залежать від таких градієнтів, як трофність і вологість едафотопу.

Багатовимірне шкалювання показало актуальність у структуруванні метаугруповання мезопедобіонтів таких факторів, як режим аерації едафотопу і карбонатність ґрунтів.

Багатовимірне шкалювання дозволило визначити шість вимірів. Вимірювання відображають істотні тренди мінливості угруповання мезопедобіонтів і можуть бути пояснені за допомогою факторів середовища, які маркуються фітоіндикаційними шкалами і екоморфічними характеристиками середовища. Вимір 1 найбільшою мірою може бути пояснено градієнтом умов трофності едафотопу, вимір 2 – вологістю, вимір 3 – режимом аерації ґрунту, 4 – кількістю карбонатів. Виміри 5 і 6 мають складну факторну природу, яку складно інтерпретувати змістовно. За допомогою стандартизованих регресивних коефіцієнтів визначили внесок різних предикторів у регресійну модель: для індексу трофності найбільшу роль відіграє вимір 1, для індексу вологості – вимір 1-3, для аерації ґрунту – вимір 3, а для карбонатності ґрунту – вимір 4.

Для оцінки екологічних режимів нами були застосовані фітоіндикаційні шкали Я. П. Дідуха (2011), а для біогеоценотичної характеристики рослинного покриву – екоморфи О. Л. Бельгарда (1950).

Дискримінантний аналіз дозволив встановити, що фактори, які диференціюють екологічні умови для різних пробних площ, мають складну природу. Ключовий аспект диференціації чутливий до рівня азотного живлення едафотопу і режиму змінності зволоження. Роль вологості як фактора диференціації тісно переплетена з умовами мінерального живлення едафотопу. Важливе значення мають також градієнти аерації і мікрокліматичних особливостей. Оцінка екологічних режимів за допомогою фітоіндикаційних шкал дозволила встановити значення аерації і карбонатності ґрунтів у структуруванні угруповань ґрунтових тварин.

Таким чином, екоморфи ґрунтових тварин відображають основні аспекти структурної організації їх угруповань і можуть виступати в якості інформаційно цінних індикаторів властивостей і режимів ґрунту як середовища існування біоти.

Ключові слова: аероморфи, багатовимірне шкалювання, біогеоценоз, едафотоп, екоморфи, карбонатоморфи, мезофауна, фітоіндикаційні шкали.

Novikova V.O. Spatial organization of soil mesofauna in the arena of the Dnipro River valley. Thesis for Candidate (PhD) degree in biological sciences, specialty 03.00.16 – ecology. – Oles Gonchar Dnipro National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2018.

Soil is a special natural-historical body of nature. The heterogeneity of soil results in the fact that for organisms of different sizes, it acts as a different environment. The complexity of the soil medium creates a large diversity of conditions for various functional communities of mesofauna: aerobes, anaerobes, consumers of organic and mineral compounds. A set of innumerable abiotic factors produces a diversity of soil niches inhabited by different groups of animals.

The study of spatial organization of mesopedobionts is one of the components of a further analysis of their role in the functioning of biogeocoenoses. Soil invertebrates form spatial patterns that vary in size from individual aggregates to individual plants, agricultural fields and natural ecosystems.

The investigation of soil mesofauna was conducted to identify the relationships between the ecomorphic structure of soil mesofauna communities of different biogeocoenoses in the arena of the Dnipro River (Dniprovsky-Orilsky National Reserve), the characteristics of the soil and vegetation on the following experimental grounds: the elm (*Ulmus*) and black poplar (*Populus nigra*) groves with glechoma (*Glechoma*); sandy steppe; meadow; swamp; black maple (*Acer nigrum*) and oak (*Quercus*) groves with dactylis (*Dactylis*) (Orlova ravine).

Non-metric multidimensional scaling was used to coordinate the meta-community of mesopedobionts. The non-metric scaling may be used for any nature of response of living organism communities to environmental factors.

It has been revealed that trends in the structural variability of the mesopedobiont meta-community clearly depend on such gradients as the trophicity and humidity of the edaphotope. The multidimensional scaling has shown that such factors as the conditions of

edaphotope aeration and carbonate content of soils are essential for structuring the meta-community of mesopedobionts.

The multi-dimensional scaling allowed establishing six measurements. The measurements reflect the major trends in the mesopedobiont community variability and can be explained by environmental factors, which are marked by phytoindicative scales and eco-morphic characteristics of the medium. Measurement 1 to the greatest extent can be explained by the gradient of the edaphotope trophicity conditions, measurement 2 – by the soil humidity, measurement 3 – by the soil aeration, 4 – by the carbonate content. Measurements 5 and 6 have a complex factor nature, which is difficult to interpret plainly. Using standardized regression coefficients, the contribution of various predictors to the regression model was assessed: for the trophic index, the major role is played by measurement 1, for the moisture index – measurements 1-3, for aeration of soil – measurement 3, and for carbonate content of soil - measurement 4.

To estimate the ecological conditions, we used phytoindication scales by Ya.P. Didukh (2011), and for the biogeocoenotic characteristics of the vegetation cover, we applied the ecomorphs by O. L. Belgard (1950).

A discriminant analysis has revealed that factors that differentiate the environmental conditions for different test areas are of complex nature. The key aspect of differentiation is sensitive to the level of nitrogenous nutrition of the edaphotope and to the humidity changes. The role of humidity as a factor of differentiation is closely interrelated with the conditions of mineral nutrition of edaphotope. Gradients of aeration and microclimatic features are also important. The evaluation of ecological conditions using phytoindication scales has revealed the importance of aeration and carbonate content of soils in the structuring of soil animal communities.

Thus, ecomorphs of soil animals reflect the main aspects of the structural organization of their communities and may be used as informative and valuable indicators of properties and regimes of soil as the biota's habitat.

Key words: aeromorphs, multidimensional scaling, biogeocoenosis, edaphotope, ecomorphs, carbonate morphs, mesofauna, phytoindication scales.

Список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

У виданнях, що входять до наукометричних баз:

1. **Новикова В. А.** Анализ взаимосвязи температуры почвы с растительным покровом на участке песчаной степи (Природный заповедник «Днепровско-Орельский». Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького 6 (2). Мелітополь. 2016. С. 5–13. **Web of Science Core Collection**.
2. Жуков А.В., Кунах О. Н., **Новикова В. А.**, Ганжа Д. С. Фитоиндикационное оценивание катены сообществ почвенной мезофауны и их экоморфическая организация. Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. 2016. № 6 (3). С. 39–45. **Web of Science Core Collection** (*особистий внесок: відбір ґрунтово-зоологічних проб, вимірювання твердості ґрунту, його щільності, вологості, температури, агрегатного складу та визначення корененасиченості, розрахунок фітоіндикаційних шкал для експериментальних ділянок*).
3. Жуков О.В., Кунах О. Н., **Новикова В. А.** Функциональная структура сообщества мезопедобионтов дерново-боровой почвы арены р. Днепр. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2016. 24(1). С. 26–39. **Web of Science Core Collection** (*особистий внесок: відбір ґрунтово-зоологічних проб, опис екоморфічної структури представників ґрунтової мезофауни, виявлення функціональних груп представників мезопедобіонтів та інтерпретація їх просторового варіювання у географічному просторі*).
4. Zhukov O.V., Kunah O.M., Dubinina Y.Y., **Novikova V.O.** The role of edaphic, vegetational and spatial factors in structuring soil animal communities in a floodplain forest of the Dnipro river. FOLIA OECOLOGICA. Vol. 45, no. 1. 2018. P. 8–23. **Scopus** (*особистий внесок: відбір ґрунтово-зоологічних проб, опис екоморфічної структури представників ґрунтової мезофауни, переклад тексту з української мови на англійську*).

Публікації у наукових фахових виданнях України:

5. Ганжа Д. С., Кунах О. Н., Жуков А. В., **Новикова В. А.** Экоморфическая организация чернокленовников в псамофильной степи на арене р. Днепр. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Д. 2015, вип. 44. С 110–126. *(особистий внесок: розрахунок фітоіндикаційних шкал для біогеоценозу псамофільного степу, розрахунок коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена матриць мір відмінності-подібності між сайтами відбору проб (табл. 2) та їх інтерпретація).*
6. Жуков А. В., Кунах О. Н., **Новикова В. А.** Экоморфическая организация сообществ мезопедобионтов дубняка со свежим разнотравьем на арене р. Днепр. Известия Харьковского энтомологического общества 2015. Т. XXIII, вып. 2. С. 39–53. *(особистий внесок: опис екоморфічної структури рослинного покриву та ґрунтової мезофауни для експериментального полігону, виявлення функціональних груп представників мезопедобіонтів та інтерпретація їх просторового варіювання в географічному просторі).*
7. **Новикова В.А.** Геостатический анализ твердости дерново-боровой слаборазвитой песчаной почвы в природном заповеднике «Днепровско-Орельский». Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. - Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2016. Вип. 85. С.87-95.
8. **Новікова В.О.** Просторове варіювання едафічних властивостей у дубняку в балці Орловій (Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»). Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2016.

Список публікацій здобувача, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Жуков А. В., Кунах О. Н., **Новикова В. А.**, Ганжа Д. С. Экоморфическая организация сообществ почвенной мезофауны в пределах катены арены в долине р. Днепр. Фауна України на межі XX-XXI ст. Нові концепції зоологічних досліджень. Всеукраїнська зоологічна конференція (12-16 вересня 2017 р., м. Харків): тези доповідей. Харків, 2017. С. 23-24. *(особистий внесок: розрахунок фітоіндикаційних шкал для біогеоценозу псамофільного степу та їх інтерпретація).*

10. **Новікова В. О.** Просторова організація мезофауни ґрунтів аридо-степової долини р. Дніпро. Zoocenosis–2015 Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: VIII Міжнародна наукова конференція. Д., 2015. С. 177 – 178.
11. **Новікова В. О.** Видове різноманіття та екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів в урочищі Орлова балка на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України. Матеріали міжнародної наукової конференції. Д., 2016. С. 51–52.
12. **Новікова В.О.** Просторова мінливість твердості ґрунту по шарах на ділянці піщаного степу в природному заповіднику «Дніпровсько-Орільський». VII Всеукраїнська науково-технічна конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Наукова весна 2017». Д.: ДВНЗ «НГУ», 2016. С. 279 – 280.
13. **Novikova V. A., Zhukov A. V., Posudievska O. R.** Spatial organization of soil mesofauna of the Dnieper river valley. Сучасні науково-технічні дослідження у контексті мовного простору. Матеріали регіональної науково-практичної конференції молодих учених та студентів. Д., 2016. С. 33–35. (*особистий внесок: аналітичний огляд, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).
14. **Новікова В. О.** Просторовий аспект функціонування ґрунтової мезофауни піщаного степу у природному заповіднику «Дніпровсько-Орільський». Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА. СУСПІЛЬСТВО. К., 2016. С. 42-43.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ПРОСТОРОВА НЕОДНОРІДНІСТЬ ҐРУНТУ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОПЕДОФАУНИ.....	17
1.1. Педобіоти в біоіндикації ґрунту	17
1.2. Екоморфічний аспект структури біогеоценозу	20
1.3. Ґрунтові фактори, що обумовлюють розподіл живих організмів та формування патернів розміщення ґрунтових мезопедобіотів.....	23
1.4. Просторове варіювання едафічних властивостей та їх вплив на угруповання мезопедобіотів	27
Обґрунтування напряму досліджень	29
РОЗДІЛ 2.	30
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	30
2.1. Фізико-географічна характеристика території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»	30
2.2. Характеристика пробних ділянок у межах дослідженої катени.....	31
2.3. Методика процедури відбору ґрунтово-зоологічних проб	35
2.4. Опис статистичних розрахунків	36
РОЗДІЛ 3.	42
ПРОСТОРОВИЙ АСПЕКТ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ УГРУПОВАННЯ МЕЗОПЕДОБІОТІВ ПІЩАНОГО СТЕПУ НА АРЕНІ Р. ДНІПРО	42
3.1. Просторове варіювання едафічних характеристик.....	42
3.2. Екоморфічна структура рослинності	46
3.3. Екоморфічна структура угруповання мезопедобіотів.....	53
Висновки до розділу 3.....	62
РОЗДІЛ 4. ЕКОМОРФІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ УГРУПОВАННЯ МЕЗОПЕДОБІОТІВ НА ТЕРИТОРІЇ В'ЯЗО-ОСОКІРНИКА З РОЗХІДНИКОМ НА АРЕНІ Р. ДНІПРО	64
4.1. Просторова мінливість едафічних характеристик	64
4.2. Екоморфічна структура рослинності	66
4.3. Екоморфічна структура угруповання мезопедобіотів в'язо-осокирника	67
Висновки до розділу 4.....	75

РОЗДІЛ 5. ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОФАУНИ ҐРУНТУ ЛУЧНОГО УГРУПОВАННЯ НА АРЕНІ Р. ДНІПРО	76
5.1. Просторова мінливість едафічних характеристик	76
5.2. Екоморфічна структура рослинного угруповання луки.....	78
5.3. Екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів луки	82
Висновки до розділу 5.....	92
РОЗДІЛ 6.	94
ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОФАУНИ ҐРУНТУ НА ТЕРИТОРІЇ ЧОРНОКЛЕНОВОГО ДУБНЯКУ З ГРЯСТИЦЕЮ НА АРЕНІ Р. ДНІПРО	94
6.1. Просторова мінливість едафічних характеристик	94
6.2. Екоморфічна структура рослинності дубняку в балці Орловій	96
6.3. Екоморфічна структура мезопедобіонтів дубняку в балці Орловій	101
Висновки до розділу 6.....	110
РОЗДІЛ 7. ПРОСТОРОВЕ ВАРІЮВАННЯ ҐРУНТОВОЇ МЕЗОФАУНИ УГРУПОВАННЯ БОЛОТНОГО БІОГЕОЦЕНОЗУ	112
7.1. Просторова мінливість едафічних характеристик	112
7.2. Екоморфічна структура рослинного угруповання болота	114
7.3. Екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів болота	118
Висновки до розділу 7.....	127
РОЗДІЛ 8.	129
ФІТОІНДИКАЦІЙНЕ ОЦІНЮВАННЯ КАТЕНИ УГРУПУВАНЬ ҐРУНТОВОЇ МЕЗОФАУНИ ТА ЇЇ ЕКОМОРФІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ	129
8.1. Оцінювання екологічних градієнтів за властивостями рослинного покриву.....	129
8.2. Ординація угруповань мезопедобіонтів засобами неметричного шкалювання	137
Висновки за розділом.....	141
ВИСНОВКИ.....	143
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	145
ДОДАТКИ.....	164

ВСТУП

Актуальність теми. Ґрунт – середовище існування для багатьох живих організмів [2]. Однією з найважливіших властивостей ґрунту для біоти є його гетерогенність. Саме просторова неоднорідність ґрунту обумовлює співіснування великого різноманіття форм педобіонтів [66]. Сукупність безлічі абіотичних факторів формує високе різноманіття екологічних ніш у ґрунті, які заселяють різні групи тварин [64]. Найважливіша біогеоценотична роль ґрунтових безхребетних полягає в активній участі в трансформації рослинних залишків, що визначає інтенсивність і спрямованість ґрунтоутворювального процесу і рівень родючості ґрунтів [99]. Розподіл різних представників мезопедобіоти в ґрунтовому середовищі не випадковий: кожний вид знаходиться в певному місці в загальній системі потоку речовини та енергії, і це місце визначається екологічними властивостями навколишнього середовища [132, 133]. Розмаїття угруповань тварин є предметом пильного інтересу фахівців з багатьох галузей екології та охорони природи. Явище різноманіття є проявом існування життя на землі, основою збереження генофонду живої природи, функціонування екосистем на планеті [125]. Оцінка властивостей середовища існування є необхідною умовою для ідентифікації властивостей навколишнього середовища, які важливі для охорони біорізноманіття і підтримки функцій екосистем [134].

Згідно Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» забезпечення збереження біорізноманіття та раціональне використання ґрунтів і збереження їх родючості є одним із найважливіших проблем серед фундаментальних наукових досліджень розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного та людського потенціалу. Впровадження технологій раціонального природокористування необхідно для забезпечення конкурентноспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави. [51].

Ґрунтова мезофауна ацени р. Дніпро вивчена недостатньо. Природний заповідник Дніпровсько-Орільський розташований у долині Дніпра. Вивчення

просторової організації мезопедобіонтів є однією зі складових подальшого аналізу їх ролі у функціонуванні біогеоценозів та збереження унікального ландшафту долини середньої течії Дніпра і річки Оріль з плавневими лісами і озерами, рідкісною флорою і фауною. Екологічне розмаїття може бути кількісно оцінене на основі принципів екоморфічного аналізу Бельгарда-Акімова. У Дніпровському університеті основи екоморфічного аналізу угруповань рослин розкриті у працях О. Л. Бельгарда (1950). Пристосування видів до біоценозу в цілому та до кожного зі структурних елементів екотопу окремо (кліматопу, геліотопу, термотопу й т. ін.) називаються екоморфами. Вперше концепцію екоморф О. Л. Бельгарда для дослідження ентомофауни лісових біогеоценозів степу України застосував Л. Г. Апостолов (1981). Належність тварин до екологічних груп носить умовний характер і визначається просторовим діапазоном, у межах якого встановлена відповідна екологічна класифікація, і масштабним рівнем, який визначає ступінь деталізації класифікаційної системи.

Усе вище зазначене дозволяє актуалізувати розробки наукових принципів та методів просторової організації ґрунтової мезопедобіоти для вирішення питань охорони біологічного різноманіття в умовах степового Придніпров'я.

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

Дослідження проведені згідно з планами науково-дослідних робіт кафедри зоології та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара в рамках ініціативної теми кафедри зоології та екології: № держреєстрації 0113U000013 (2013-2015) «Стан та функціональна роль зооценозу у природних та антропогенно трансформованих біогеоценозах степової зони України».

Метою роботи є комплексна оцінка та встановлення зв'язку між екоморфічною структурою угруповань ґрунтової мезофауни біогеоценозів арени р. Дніпро у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський» та властивостями ґрунту і рослинного покриву.

Для досягнення мети поставлені наступні завдання:

1. Встановити характеристики рослинного та ґрунтового покриву як маркерів екологічного простору мезопедобіонтів у біогеоценозах в межах катени.

2. Охарактеризувати різноманіття угруповань ґрунтової мезофауни у різних біогеоценозах катени.
3. Визначити роль мінливості умов зволоження, сольового режиму і рівня азотного живлення в формуванні специфіки екотопів катени як факторів впливу на формування просторової варіабельності функціональних груп мезопедобіонтів.
4. Встановити вплив едафічних властивостей (твердості, температури, вологості, щільності ґрунту та ін.) на просторове варіювання угруповань мезопедобіонтів ґрунтової мезофауни.
5. Визначити структуру функціональних груп ґрунтової мезофауни у біогеоценозах катени у просторовому аспекті.
6. Виявити можливу кореляцію покриття та різноманіття рослинного покриву з видовим та екоморфічним різноманіттям угруповань мезопедобіонтів.
7. Встановити екоморфічні маркери мезопедобіонтів екотонного переходу між лучним та болотним біогеоценозами.
8. Визначити головні фактори навколишнього середовища, що визначають просторову організацію ґрунтової мезофауни на рівні всієї катени долини р. Дніпро.

Об'єкт дослідження. Ґрунтова мезофауна арили р. Дніпро (у межах природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»).

Предмет дослідження. Просторовий аспект екоморфічної організації ґрунтової мезофауни у біогеоценозах катени на арилі р. Дніпро.

Методи дослідження. Для обліку ґрунтової мезофауни застосований метод розкопок і ручного розбирання ґрунту розміром 25×25 см на глибину трапляння ґрунтових тварин. Для уточнення видового списку угруповання проведені збори тварин альтернативними способами.

Для визначення впливу рослинного покриву на просторовий розподіл мезопедобіоти було проведено опис рослинності. Для вимірювання твердості ґрунтів використано ручний пенетромтр Eijkelkamp. Для вимірювання ґрунтової температури використовували термометри WT-1. Агрегатну структуру оцінили

методом сухого просіювання за Савіновим, щільність ґрунту – за Качинським, вологість ґрунту – ваговим методом.

Для проведення статистичних розрахунків використовували програми Statistica 7.0 і програмної оболонки «Проджект Р». Розрахунок геостатистичних показників проводилися за допомогою програми Surfer 11,0.

Для оцінювання довірчих інтервалів і стандартного відхилення чисельності ґрунтових тварин використовувався бутстреп-підхід і засоби пакета ade4. Для характеристики екоморф рослин використовувалася шкала О. Л. Бельгарда, яка наведена за В. В. Тарасовим (2012), бальна оцінка екоморф наведена за Н. М. Матвеевим, фітоіндикаційні шкали рослин наведені за Я. П. Дідухом. Статистичні процедури RQL-аналізу виконано за допомогою пакета ade4 для оболонки R. Значимість RQL оцінена за допомогою процедури randtest.rlq. Оцінка різноманітності метаугруповання мезопедобіонтів проведена за допомогою бібліотеки DivEst.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

- встановлені закономірності просторового варіювання ґрунтових властивостей (твердість, температура, щільність, вологість, електропровідність, агрегатний склад та ступінь корененасиченості ґрунту) для досліджених біогеоценозів у межах катени;
- проведений екоморфічний аналіз рослинності модельних біогеоценозів у межах арени р. Дніпро;
- визначено видовий склад, показники чисельності та екоморфічна структура угруповань мезопедобіонтів у межах модельних біогеоценозів катени;
- встановлено існування взаємозв'язку між екоморфічною структурою мезопедобіонтів, властивостями ґрунту та рослинного покриву на рівні біогеоценозу;
- показано вагоме значення фітоіндикаційного оцінювання екологічних факторів для системної оцінки функціональних груп ґрунтової мезофауни;

– оцінена роль ґрунтових властивостей та особливостей структури рослинного покриву для просторової організації ґрунтової мезофауни, яка полягає у можливості класифікації мезопедобіонтів шляхом виділення функціональних груп в екологічному просторі.

Вдосконалено:

- методика відбору проб для дослідження просторової варіабельності властивостей угруповань ґрунтової мезофауни на рівні біогеоценозу.

Набули подальшого розвитку:

– вчення про екоморфічну організацію угруповань тварин лісових біогеоценозів степу України О. Л. Бельгарда та А. П. Травлєєва (1980), Л. Г. Апостолова (1983).

Практичне значення роботи

Результати роботи є розвитком напрямку просторової екології, що можуть у подальшому використовуватися для зібрання інформації, на основі якої будуть формуватися положення про доцільність і методи охорони поширених біогеоценозів у природному заповіднику «Дніпровсько-Орільський». Опис ґрунтових характеристик, рослинного покриву та функціональних груп мезопедобіонтів дослідженої території використовуються в основній науковій темі природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» – «Літопис природи».

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

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень доповідались і обговорювались на щорічних засіданнях кафедри зоології та екології та на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Дніпропетровського (Дніпровського) національного

університету імені Олеся Гончара (Дніпропетровськ, 2015–2016 рр., Дніпро, 2017 р.); на VIII Міжнародній науковій конференції «Zoocenosis–2015 Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» (Дніпро, 2015); на міжнародній науковій конференції «Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України» (Дніпро, 2016); на VII Всеукраїнській науково-технічній конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Наукова весна 2017» (Дніпро, 2017); на науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Дослідження у контексті мовного простору» (Дніпро, 2016); на XIX Міжнародній науково-практичній конференції Екологія. Людина. Суспільство (Київ, 2016), на Всеукраїнській зоологічній конференції «Фауна України на межі XX-XXI ст. Нові концепції зоологічних досліджень» (12-16 вересня 2017 р., м. Харків).

Публікації. Головні матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 14 наукових працях, серед них 8 – що входять до переліку фахових, 4 з котрих – у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Web of Science або Scopus, 6 – тези та доповіді на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації

Дисертація складається із вступу, основної частини (8 розділів), висновків, списку використаних джерел, додатка. Загальний обсяг дисертації – 255 с.; текст основної частини займає 128 с. Дисертація містить 46 таблиць і 50 рисунків. До списку літератури включено 217 джерел, з яких 94 – латиницею. Дисертація й автореферат написані українською мовою.

РОЗДІЛ 1.

ПРОСТОРОВА НЕОДНОРІДНІСТЬ ҐРУНТУ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОПЕДОФАУНИ

1.1. Педобіоти в біоіндикації ґрунту

Сьогодні перед вченими всього світу стоїть завдання зі збереження біорізноманіття на Землі. Його екологічна роль полягає в забезпеченні кожним видом в екосистемі певної функції: поглинання і перетворення енергії, виробництво і розщеплення органічного матеріалу, участь у регуляції клімату і газового складу атмосфери тощо [32]. Тому зникнення видів призводить до порушення балансу в навколишньому середовищі та неспроможності системи реагувати на негативні фактори ззовні. Відомо, що 92% нині відомих тварин і рослин живе в ґрунтах. У відсотковому співвідношенні жива речовина ґрунту становить 0,5–1% від його маси. Проте екологічна оцінка та значення біорізноманіття ґрунтового середовища ще далека до досконалості. Припускають, що більшість організмів на Землі можуть жити у ґрунті [207]. В екології ґрунт розглядають як середовище існування живих організмів. Важливість педосфери велика, оскільки вона є живою, складною комплексною системою, тому надзвичайно актуальним є збереження різноманітності ґрунтів як одного з основних місць проживання безлічі живих організмів [10].

Ґрунт є важливим компонентом біосфери, від якого залежить як продуктивність рослин, так і підтримання локальної, регіональної та глобальної якості довкілля [159]. Перше наукове визначення ґрунту дав В.В. Докучаєв у праці «Лекції з ґрунтознавства» (1991 р.): «Ґрунтом треба називати «денні» або зовнішні горизонти гірських порід (будь-яких), природно змінених сумісною дією води, повітря і різного роду організмів, живих і мертвих» [98]. Д. Г. Віленський у 1945 р. об'єднав визначення ґрунту за В.В. Докучаєвим, П.А. Костичевим та В.Р. Вільямсом: «Ґрунт являє собою самостійне тіло природи, утворене шляхом сполучення та взаємодії геологічних процесів із біологічними і яке володіє родючістю». Це ланка, що сполучає в собі геосферу, атмосферу і біосферу нашої планети [16, 18]. Без

нормального функціонування ґрунту неможливе повноцінне існування сучасної біологічної різноманітності [27, 30, 31].

Отже, ґрунт – це складна поліфункціональна, полідисперсна, гетерогенна, відкрита структурна система в поверхневій частині кори вивітрювання гірських порід, що володіє родючістю і є комплексною функцією гірської породи, організмів, клімату, рельєфу та часу [87]. Ґрунт розміщується між літосферою, атмосферою та гідросферою, він формує особливу форму – педосферу – ґрунтовий покрив Землі, є компонентом біосфери. Ґрунт як середовище характеризується гетерогенністю в усіх вимірюваних масштабах: від нанометрів до кілометрів, які відрізняються за хімічними, фізичними та біологічними властивостями. Ґрунтове середовище визначає видове різноманіття, чисельність, активність і продуктивність біоти [199]. Мешканці ґрунту мають, залежно від міри зв'язку з ним, різні адаптації, які відбиваються на морфологічних, фізіологічних і навіть поведінкових особливостях тварин. Видова різноманітність ґрунтових тварин надзвичайно велика і залежить, у першу чергу, з ґрунтових умов. У ґрунті одночасно розвиваються анаероби і аероби, різні групи мікроорганізмів по відношенню до кислотності: ацидофіли, нейтрофіли, алкалофіли. Кожна група організмів знаходить сприятливі умови для розвитку в певній мікрзоні зі специфічним газовим складом, водним режимом тощо [55].

У ґрунті спостерігається широке різноманіття тварин, що відрізняються за розмірами, живленням, місцем, яке вони займають у ґрунтовому профілі та іншими екологічними властивостями. За ступенем зв'язку з ґрунтом можна розрізнити три основні групи: 1) геобіонти – мешкають у ґрунті все життя; 2) геофіли – певна частина життєвого циклу обов'язково здійснюється у ґрунті; 3) геоксени – випадкові мешканці ґрунту, або користуються ґрунтом тільки як сховищем [17].

Розміри ґрунтової біоти варіюють від 10 мкм до 20–30 см. Тварини підрозділяються на чотири групи: нанофауна, мікрофауна, мезофауна і макрофауна [87]. Нанофауна (розмір від мікронів до часток мм) – ґрунтові найпростіші, які мешкають у ґрунтових розчинах, що знаходяться в стані гравітаційної води, капілярної вологи. Приймають участь у трофічних ланцюгах як деструктори органічної речовини в ґрунті, а також у вивітрюванні мінералів. Мікрофауна (частки

мм – частки см) – ґрунтові мікроартроподи (нематоди, кліщі, дрібні личинки комах), мешкають у порожнинах ґрунту, заповнених повітрям; збільшують поверхню активних біохімічних взаємодій у ґрунті; беруть участь у трофічних ланцюгах і деструкції органічних речовин. Мезофауна (частки см і крупніше) – великі ґрунтові безхребетні (дошові черв'яки, мокриці, личинки комах), активно прокладають у ґрунті ходи, подрібнюючи її, впливаючи на аерацію ґрунтів. Макрофауна – ґрунтові хребетні, які створюють просторову неоднорідність на поверхні ґрунту і в її профілі, регулюють гідрологічний режим, приймають участь у формуванні хімічних властивостей ґрунту [94].

Біота як компонент ґрунту є чутливим сенсором, що відображає стан екосистеми. Швидка реакція ґрунтової біоти є індикатором якості ґрунту, наслідком змін фізико-хімічних і механічних параметрів, основою для біологічної оцінки [197]. Висока чисельність, короткий життєвий цикл, постійний контакт із ґрунтом через рухову і харчову активність вказують на можливість використання ґрунтових безхребетних для індикації токсичності ґрунтового середовища [23, 29]. Ґрунтовим мікроорганізмам належить головна роль у мінералізації та розкладі органіки, проте тварини через взаємозв'язки із мікрофлорою здатні впливати на ці процеси трьома основними шляхами: 1) через вибіркове живлення мікроорганізмами, що змінює мікробіологічну активність, чисельність і структуру угруповання; 2) через подрібнення і змішування органіки, тим самим впливаючи на її доступність для мікродеструкторів; 3) найпростіші впливають на ріст рослин, зокрема морфологію кореня. Всі ці взаємодії між ґрунтовою біотою впливають як на ріст і розвиток рослин, так і на біологічні процеси у ґрунті [126].

Досліди багатьох вчених довели ефективність ґрунтово-зоологічного підходу в діагностиці ґрунтів. Передумовою для цих досліджень став висновок Гілярова про потребу виду в певному комплексі умов середовища. Кожен вид у межах свого ареалу зустрічається тільки на тих територіях, які забезпечують повний комплекс необхідних для прояву життєдіяльності умов [152].

Ґрунтові тварини по-різному реагують на абіотичні фактори [195]. Під впливом антропогенних факторів видове різноманіття і чисельність ґрунтової фауни

знижується. На сільськогосподарських угіддях кількість дощових черв'яків, мокриць і багатьох інших представників мезофауни ґрунтів менше, ніж у природних умовах [60]. Однією з ознак родючості ґрунту є наявність дощових черв'яків – біодіагностичного показника вмісту органічної речовини ґрунту і розвитку агроєкосистеми [101].

Виконання досліджень біоіндикації дозволяє: охарактеризувати ступінь забруднення ґрунту і його шкідливий вплив на екосистему; встановити вплив забруднення ґрунту на чисельність дощових черв'яків і вести контроль за станом ґрунту в умовах антропогенного впливу [1].

1.2. Екоморфічний аспект структури біогеоценозу

Можливість діагностики ґрунтів зоологічним методом обумовлена тісним взаємозв'язком ґрунту і населяючих його тварин [18]. Пристосованість безхребетних до життя в ґрунті знаходить своє віддзеркалення у відмінності їх морфологічних і фізіологічних особливостей. Різні аспекти адаптацій до конкретних умов ґрунту як місця існування призводять до формування схожих гомологічних морфологічних ознак (поняття біоморфи). Тому діагностика ґрунтів на підставі аналізу спектрів біоморф ґрунтових тварин є одним із найпродуктивніших і коректніших напрямів [100].

У загальнобіологічному плані екоморфа – «цілісна система взаємообумовлених еколого-морфологічних адаптацій, що визначає загальну конструкцію тіла організму відповідно до конкретного напрямку еволюції виду в умовах конкретного біотопу» [1]. Життєві форми рослин в інтегральній формі відбивають складні взаємовідносини між видами рослин і умовами середовища [95].

Початок вивченню степових лісів поклав Г.М. Висоцький (1916) у Велико-Анадольському лісовому масиві. Ці дослідження з 1927 по 1940 рік продовжували завідувач кафедри геоботаніки Дніпропетровського університету О. Л. Бельгард зі своїми співробітниками Т. Ф. Кириченко, Н. А. Сидельником і Н.П. Акімовою. Результати досліджень були опубліковані в серії наукових статей авторів, в узагальненому вигляді представлені в монографії О. Л. Бельгарда (1950), в якій

обґрунтовані і сформульовані положення нової науки – степового лісознавства, зокрема, вчення про географічну і екологічну відповідність лісу умовам місцезростання, особливість синузальної структури лісових угруповань у степовій зоні, система екоморф (екологічних форм) рослин, вчення про лісові моноценози і амфіценози, типологія природних лісів степової зони. У монографії детально охарактеризовані тривалозаплавні та короткозаплавні, аренні і байрачні ліси, а також чагарникові угруповання степової зони [6, 7].

Система екоморф Бельгарда розроблена для екологічної паспортизації місць помешкання рослин Степової зони України. Екоморфи розглядаються Бельгардом як адаптації видів до біоценозу в цілому і окремої компоненти екотопу окремо. Відповідно до провідних лімітуючих чинників Бельгард виділяв адаптації до трофотопу, кліматопу і гігротопу. Відповідно, екоморфи включають: 1) клімаморфи як адаптації до певних кліматичних умов; 2) геліоморфи як адаптація до освітленості; 3) трофоморфи як адаптація до едафічних режимів живлення; 4) гігроморфи як адаптації до водного режиму біогеоценозу. Як адаптації до фітоценозу виділяють сільванти (лісові види), степанти (степові), пратанти (лугові), палюданти (болотяні) і рудеранти (бур'яни) [6].

Приналежність до екологічних груп тварин носить умовний характер і визначається просторовим діапазоном, у межах якого встановлена відповідна екологічна класифікація, і масштабний рівень, який визначає міру деталізації класифікаційної системи. Екоморфи рослин і тварин як екологічна класифікація також є контекстно-залежною генералізацією відомостей про їх взаємовідношення з довкіллям. Ландшафтно-біогеоценотичний рівень є базовим при розгляді екологічних явищ у традиції степового лісознавства [7]. Саме ця обставина визначає масштабний рівень екоморф рослин [6] і тварин [3, 45, 46]. Співвідношення екоморф в угрупованні характеризує його екоморфічну структуру. Екоморфи між собою знаходяться в певних взаємовідносинах, що створює екоморфічну організацію. Екоморфічні матриці є формою представлення екоморфічної організації [46, 45]. Функціональна класифікація тварин, в якій види, що характеризуються спільністю

екологічних особливостей, об'єднуються разом, представляє альтернативу індивідуальним моделям видів навколишнього середовища [135].

Ґрунт є вельми специфічним місцем існування [18], тому зв'язок типу біогеоценозу і особливостей розподілу ґрунтових безхребетних виявляється не завжди ясно і виразно [110]. Багато хто з ґрунтових тварин більшою мірою відображає не особливості ґрунту в цілому, а лише інформацію про окремі ґрунтові горизонти [74]. Для ґрунтових тварин можна виділити такі екоморфи: ценоморфи, трофоморфи, трофоценоморфи, топоморфи, гігоморфи. В умовах конкретного угруповання варіабельність екоморфічної структури зв'язана з погодженою мінливістю тих або інших екоморф. Їх кореляційні композиції розкривають природу механізмів адаптації угруповання до динаміки чинників довкілля [46].

Ценоморфа вказує на роль, яку виконує тварина у відповідному типові кругообігу речовин. Отже, лісові види тварин найактивніше беруть участь у лісовому типові кругообігу, степові – в степовому і т.д. Тип кругообігу речовин у біогеоценозі володіє цілим рядом особливостей, і активна участь у ньому вимагає всіляких морфо-екологічних пристосувань, які характеризують аутоекологічні параметри вигляду, а побудова класифікаційних систем екоморф, що розуміються в даному аспекті, обмежена конкретними систематичними групами. Такі системи наголошуються для цілого ряду груп тварин і можуть бути використані для пізнання закономірностей адаптивних перетворень як у філогенезі, так і в градієнті екологічних умов онтогенезу [45].

Водний ґрунтовий режим є найважливішим екологічним чинником, що визначає особливості життєдіяльності ґрунтових організмів і властивості співтовариств ґрунтових тварин, які мають ряд специфічних пристосувань до особливостей водного режиму ґрунту. Гігоморфи ґрунтових тварин виділяються за ознакою тісного зв'язку в просторовому розподілі з певними гігروتोпами. Гігоморфи можуть використовуватися для індикації зволоження едафотопів [46].

Найважливіша біогеоценотична роль ґрунтових безхребетних полягає в переробці рослинних залишків, що багато в чому визначає інтенсивність і спрямування ґрунтоутворюючого процесу і рівень родючості ґрунтів [99]. Трофічна

структура угруповань тварин є одним із інформативних показників, що дозволяють судити про специфіку організації комплексів безхребетних і про характер їх взаємодії із середовищем. При створенні систем життєвих форм тварин трофічний режим розглядається як найважливіший аспект диференціації тваринного населення. Оскільки трофічна активність ґрунтових безхребетних є важливим чинником ґрунтоутворення, то трофічна структура представників мезофауни може використовуватися для зоологічної діагностики ґрунтів. Серед ґрунтових тварин представлені всі основні трофічні групи голозойних тварин – фітофаги, сапрофаги, хижаки і некрофаги. Найважливіша особливість екології ґрунтових безхребетних полягає в тому, що їх харчові стосунки набагато менш стабільні і менш облігатні, ніж у мешканців верхніх надземних ярусів біогеоценозів. Багато видів і групи ґрунтових тварин характеризуються вельми складними і непостійними харчовими стосунками. Мобільність трофічних зв'язків і потенційний взаємозв'язок компонентів можуть розглядатися як найважливіший механізм роботи багатовидового функціонального комплексу [45].

Трофоценоморфа об'єднує тварин, що відрізняються перевагою типу біогеценозу з певним рівнем мінералізації ґрунтового розчину. Трофоценоморфи тварин можуть бути таких видів: оліготрофи, мезотрофи, мегатрофи, ультрамегатрофи [50]. Таким чином, аналіз просторового розподілу видів ґрунтових тварин в екологічному просторі дозволить встановити їх приналежність до відповідної гігро- і ценотрофоморфи.

1.3. Ґрунтові фактори, що обумовлюють розподіл живих організмів та формування патернів розміщення ґрунтових мезопедобіонтів

Одним із головних завдань екології є вивчення впливу тварин на процеси ґрунтоутворення і виявлення закономірностей поширення представників фауни на певній території в даних умовах [77].

Фізичні екологічні властивості ґрунтів, які визначають водний, тепловий, повітряний та інші режими едафотопу, що характеризують спрямованість ґрунтотвірного процесу, можна поділити на властивості твердої фази, гідрофізичні,

гідрохімічні, теплові, електрофізичні та аерофізичні [8]. Ґрунт є місцем проживання величезної різноманітності тварин, для яких він представляє собою проміжне середовище між водним та повітряним [90, 91], так як ґрунтове повітря зазвичай насичене парами води [105]. Ґрунт пом'якшує суворі умови клімату, перепади температури і вологості [38, 106]. Його найважливіша екологічна особливість – відносна стабільність гідротермічних режимів порівняно з повітряним середовищем, що забезпечує сприятливі умови для життя ґрунтової біоти [74, 75].

Неоднорідність ґрунту призводить до того, що для організмів різних розмірів він виступає як різне середовище [93]. Для мікроорганізмів особливе значення має величезна сумарна поверхня ґрунтових частинок, бо на них абсорбується переважна частина мікроорганізмів [5]. Серед властивостей твердої фази ґрунтів найважливіше екологічне значення мають гранулометричний склад, структура, щільність та пористість [54]. Складність ґрунтового середовища створює велику різноманітність умов для різних функціональних груп: аеробів, анаеробів, споживачів органічних і мінеральних сполук [103]. Для розподілу мікроорганізмів у ґрунті характерне дрібна строкатість, оскільки впродовж декількох міліметрів можуть змінюватися різні екологічні зони [88].

Сукупність безлічі абіотичних факторів дає на виході високу різноманітність ґрунтових ніш, які заселяють різні групи тварин [64]. Видова різноманітність ґрунтових тварин надзвичайно велика і залежить, у першу чергу, від ґрунтових умов [71]. Щільність та пористість ґрунтів тісно пов'язані між собою. Ці властивості визначають формування повітряного режиму ґрунтів, що відбивається на стані всього ґрунту. Аерофізичні властивості характеризують повітряний режим ґрунтів, який значною мірою впливає на інші ґрунтові властивості та процеси. Ці властивості сприяють проникненню повітря до нижніх ґрунтових горизонтів, завдяки чому відбувається постійний газообмін між ґрунтовим та атмосферним повітрям. Це особливо важливо для аеробних ґрунтових організмів, оскільки в ґрунтовому повітрі при відсутності нормального газообміну кількість кисню може зменшуватися до десятих часток відсотка, а вуглекислоти – збільшуватися до десяти і більше об'ємних відсотків [56].

Також одним із важливих чинників, що впливає на біоту, є гідрологічний режим ґрунтів, який визначає характер органічної речовини [11]. Гідрофізичні властивості визначають водний режим ґрунтів. Ґрунт за рахунок певної вологості виконує роль резервуару вологи для рослинності та ґрунтових організмів. Вологість ґрунтів часто виступає лімітуючим фактором середовища, особливо це характерно для степових умов [25]. Гідрофізичні властивості значною мірою визначаються іншими особливостями ґрунтів – структурою, водорозчинними сполуками, здатними або нездатними коагулювати ґрунтові колоїди, вологістю, щільністю твердої фази та ін. [19].

Теплові властивості формують тепловий режим ґрунтів. Серед цих властивостей найголовніше екологічне значення мають теплоємність та теплопровідність, за рахунок яких відбувається поглинання та передача теплової енергії в ґрунтах. Від кількості енергії залежить інтенсивність та умови протікання процесів ґрунтоутворення [19].

Вплив кислотності ґрунтів особливо характерний для ґрунтової біоти – вона робить прямий вплив через дихальні поверхні, процес осморегуляції і роботу ферментів, а також непрямий вплив через зміну концентрації токсичності важких металів або зниження різноманітності джерел живлення [14, 15].

Складова часу характеризує зміни середовища у добових, сезонних і часових циклах, що важливо у формуванні тваринного населення ґрунтів [88]. Сукцесійні зміни у вигляді процесу мінералізації органічних залишків у ґрунті обумовлюють зміну одних мікроорганізмів та найпростіших на інші групи безхребетних тварин [110].

До переліку властивостей та режимів, що важливі для формування екологічних ніш проживання ґрунтової біоти, відносяться показники температури та вологості, вміст органічної речовин, кислотно-лужний баланс, твердість ґрунту, вміст найважливіших елементів [26, 31, 59].

Екологічні процеси визначаються впливами на різних масштабних рівнях, які знаходяться в діапазоні від локального до глобального [178]. У природних угрупованнях спостерігаються просторові патерни, які є результатом дії факторів

навколишнього середовища, що визначаються біологічними і / або історичними причинами [155, 156, 154]. Дія цих причин не є взаємовиключною, а скоріше комплементарною [172, 173]. Існування просторових структур угруповань видів передбачає вплив, щонайменше, одного з факторів структурування. До числа таких факторів можна віднести просторово розподілені фактори середовища, які призводять до структурування угруповання відповідно до теорії екологічної ніші [170, 171]. Також важливо відзначити, що види групуються на деяких просторових рівнях у результаті міжвидових взаємодій [194, 212, 128]. Дані взаємовідносини можуть призвести до двох протилежних типів динаміки. Сильні взаємодії можуть зробити угруповання або детерміністичним, або історично зумовленим [144, 210]. Історичні обставини відповідно до теорії нейтральності [162], або стохастичні варіації в історії появи видів в угрупованні [161, 209] можуть зробити істотний вплив на угруповання. Однак ідіосинкретичність історичних ефектів представляє значну перешкоду для передбачення динаміки екосистемних функцій [166, 213]. Дуже важливо оцінити найбільший внесок кожного з процесів, особливо з урахуванням того, що історичні процеси та історія переміщення видів на даний момент часу не спостерігаються [166, 172]. Вирішення цієї проблеми може перебувати в дослідженні просторових масштабів, у межах яких має значення історія формування комплексів живих організмів [71, 191]. Відповідно до детерміністської точки зору, умови навколишнього середовища визначають, який з видів регіонального пулу залишиться в угрупованні в результаті видових взаємодій [119]. В цьому випадку історія імміграції не впливає на фінальну композицію видів. Якщо ж угруповання є історично зумовленим, то умови середовища не визначають єдине клімаксове угруповання [166, 208]. Роль для угруповань таких просторових характеристик, як розмір плям, де вони представлені, рівень їх ізоляції і просторова гетерогенність залежить від просторового масштабу здатності видів до переміщення [141, 165, 74].

Наприклад, відносини між просторовою організацією угруповання дощових черв'яків і ґрунтових властивостей демонструють багаторівневий характер [151, 205, 216]. Серед ґрунтових властивостей, які описують вкладену структуру

популяцій у межах багаторівневого градієнта, можна виділити детально-масштабну (<10 м) і середньо-масштабну (10-20 м) компоненти [153, 190]. Ґрунтові властивості описують 1-48% мінливості просторової варіації угруповань дощових черв'яків [172].

1.4. Просторове варіювання едафічних властивостей та їх вплив на угруповання мезопедобіонтів

При дослідженні функціонування біогеоценозу важливо визначити роль автотрофної складової, так як це дозволяє оцінити енергетичний баланс у певній екосистемі [63]. У разі розгляду лісового біогеоценозу найбільш продуктивною частиною є деревостан, тому що через трансформацію енергії він накопичує найбільшу біомасу [30]. Видовий склад, щільність розміщення, вік, гіллястість визначають інтенсивність і спрямованість процесів, які в відбуваються біогеоценозі [56].

У прямій залежності від властивостей деревостану знаходиться щільність підстилки. Лісова підстилка – потужний біогеоценотичний компонент, який займає проміжне положення між рослинністю і педосферою [100]. Лісова підстилка має досить динамічні характеристики. Товщина підстилкового шару залежить від рослин, що ростуть у біотопі, характеру рельєфу, клімату, сезонності умов та інших факторів [198]. Накопичення підстилки є результатом взаємовпливу двох протилежних процесів: надходження свіжого опаду та його подальше розкладання [57]. Співвідношення між цими процесами характеризує швидкість мінералізації підстилки та надає можливості зробити висновки про швидкість кругообігу речовин у лісовому біогеоценозі [52, 53, 107]. Від цього процесу залежить спрямованість ґрунтоутворювальних процесів та трофність едафотопів [92].

Підстилка володіє здатністю регуляції теплового режиму ґрунту, зменшуючи добову та річну амплітуду температур. Цей біогеогоризонт сприяє рівномірному надходженню та перемішуванню мінеральних речовин з органічною частиною ґрунту [33]. Рослинний покрив істотно впливає на фізичний і хімічний склад ґрунтів [58]. Одним з найбільш інформаційно ємних фізичних показників є твердість

ґрунтів. Дослідження її просторової мінливості надає можливості аналізувати організацію складної системи ґрунту на більш високих рівнях структурної організації ґрунтового тіла [38, 118]. Твердість ґрунту – це здатність чинити опір стисненню і розклинюванню. Характеризує фізико-механічні властивості ґрунтів, точніше опір ґрунту зростанню коренів [72, 182]. Твердість залежить від вологості ґрунту, від вмісту у ньому органічної речовини, складу поглинених катіонів, співвідношення структурних агрегатів та від гранулометричного складу [72]. Якщо твердість ґрунту має високі показники, то це сприяє зниженню кількості доступного кисню для кореневої системи, що призводить до поступового зниження фізіологічної активності рослин [198]. Ґрунтово-фізичними факторами, що визначають даний показник, є вміст і стан води, гранулометричний і структурний склад, щільність складання, розмір пір і співвідношення їх розмірів і т.д. [108, 114]. Просторова варіабельність твердості ґрунту дає можливість розглядати ґрунтову систему на різних рівнях її структури [92, 114], що в подальшому дозволить знаходити характер взаємозв'язків між едафотопом та іншими компонентами біогеоценозу, зокрема, ґрунтовою фауною на дослідженій території. Серед властивостей твердої фази ґрунтів найважливіше екологічне значення мають гранулометричний склад, структура, щільність та пористість. Як відомо, від гранулометричного складу залежить формування та особливості всіх інших екологічних властивостей та функцій ґрунтів. Найоптимальнішими з екологічної точки зору є суглинисті та супіщані ґрунти [54]. Щільність та пористість ґрунтів тісно пов'язані між собою. Ці властивості визначають формування повітряного режиму ґрунтів, що відбивається на стані всього ґрунту.

Електрофізичні властивості визначають екологічні особливості ґрунтів як природного тіла, що характеризується електропровідністю, діелектричною проникністю та магнітними ознаками. За рахунок цих властивостей відбувається впорядковане розміщення заряджених часток у просторі в залежності від електромагнітного поля земної кулі. Електрофізичні властивості залежать від вологості, мінералогічного, хімічного та гранулометричного складу ґрунтів [113].

Тому важливу роль для розуміння характеристики процесів, що протікають у біогеоценозі, є виявлення взаємозв'язку між едафічними характеристиками, фітоценозом та мезопедобіонтами. Це є важливим аспектом в охороні природних екосистем.

Обґрунтування напряму досліджень

1. Аналітичний огляд сучасної наукової літератури дозволив нам обґрунтувати необхідність висвітлення таких питань у нашій дисертаційній роботі: проаналізувати сучасну наукову літературу, пов'язану з просторовим аспектом розміщення ґрунтових тварин у межах біогеоценозу; на території катени у межах арени р. Дніпро встановити характеристики рослинного та ґрунтового покриву як маркерів екологічного простору мезопедобіонтів; визначити характеристики різноманіття угруповань ґрунтової мезофауни у межах катени.
2. Встановити функціональну структуру угруповань ґрунтової мезофауни псамофітного степу у взаємозв'язку з едафічними умовами.
3. Визначити фактори впливу на формування просторової варіабельності функціональних груп мезопедобіонтів на території екотопу в'язо-осокирника з розхідником.
4. Встановити вплив властивостей ґрунтових умов та рослинного покриву на структуру метаугруповання ґрунтових тварин у межах чорнокленового дубняку з грястицею у балці Орловій.
5. Визначити структуру функціональних груп ґрунтової мезофауни на території лучного біогеоценозу.
6. Виявити вплив едафічних умов та рослинності на просторове розташування ґрунтової мезопедобіоти у межах катени, що в умовах болотного місцеперебування.
7. Визначити фактори навколишнього середовища, що найбільшою мірою впливають на просторове розташування мезопедобіонтів у межах біогеоценозів дослідної катени.

РОЗДІЛ 2.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Фізико-географічна характеристика території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Перший у Дніпропетровській області природний заповідник Дніпровсько-Орільський створено постановою Ради Міністрів УРСР від 15 вересня 1990 року № 262 на базі загальнозоологічного та орнітологічного заказників «Таромський уступ» та «Обухівські плавні» [89]. Заповідник створено з метою збереження унікального ландшафту долини середньої течії Дніпра і річки Оріль з плавневими лісами і озерами, рідкісною флорою і фауною.

Площа заповідника складає 3766 га. Вся територія знаходиться в межах заплавної і борової терас Дніпра з тією особливістю, що на північному заході, біля нового русла р. Оріль, борова тераса значно змінена і трансформована діяльністю річищ р. Проточі (останні, за деякими припущеннями, є не що інше, як давні залишки русла, або одного з дельтових рукавів р. Орелі (або р. Чаплинки). Власне заплава найкраще розвинена в центральній частині заповідника, вгору і вниз по Дніпру смуга заплави поступово стає вужчою, (від 0,5 до 1,5 км) – так звані Миколаївські і Обухівські плавні. Так само і арена найбільш розвинена в центральній частині заповідника (до 2,5 км). У відповідності із загальною геоморфологічною будовою території тут представлений єдиний в фітоценогенезному відношенні комплекс заплавно-псаммофітної рослинності, який досить чітко розподіляється на дві екологічно-геоморфологічні групи: заплавну і псаммофітну (арену) [69].

За фізико-географічним районуванням територія заповідника належить до Лівобережно-Дніпровсько-Приазовського північно-степового краю Північно-степової підзони Степової зони. Заповідник розташовується в основному на двох терасах Дніпра: на добре розвиненій заплавної терасі шириною до 2 км, яка тягнеться смугою вздовж Дніпра на 16 км, і другій терасі, яка займає центральну та північну частини території заповідника.

Рельєф заповідника, крім заплави, в центральній і північній частинах бугристо-гривисто-рівнинний і переходить у піщаний степ. Піщані відклади терас під впливом вітрових процесів, особливо на підвищеннях, прийняли вигляд кучугур. Найвищі абсолютні відмітки поверхні в центральній частині заповідника на кучугурах досягають 65-70 м, переважаючими є відмітки 52-54 м. Зниження відміток спостерігається в заплавах до рівня води в річках, тобто до 51,0-51,5 м, рівень берегової смуги становить 51,4 м [96].

2.2. Характеристика пробних ділянок у межах дослідженої катени

Дослідження ґрунтової мезофауни проводились з метою встановлення зв'язку між екоморфічною структурою ґрунтової мезофауни угруповань різних біогеоценозів на арені р. Дніпро, характеристиками цього ґрунту і рослинного покриву. Дослідження проводилися у 2014, 2015 та 2016 роках на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» (рис. 1.1) [185].

Піщаний степ на арені р. Дніпро. Встановлено, що загальний перелік виявлених судинних рослин у межах вивченого полігону становить 57 видів [78]. Деревні рослини представлені поодинокими, а саме: сосною звичайною, дубом, тополею чорною. Полігон частково займає верхівку дюнного пагорба, на якому знаходяться чорнокленові кущі. У нижній частині дюнного пагорба можна зустріти рокитник російський. Гемікріптофіти представлені 26 видами, серед яких найбільше значення мають костриця Беккера (*Festuca beckeri* (Hack.) Trautv.) та полин дніпровський (*Artemisia dniproica* Klok). Терріофіти представлені 13 видами, серед яких найбільше значення за проективним покриттям відіграє жито дике (*Secale sylvestre* Host). Геофіти представлені 9 видами, найбільш типовими з яких є голосхенус звичайний (*Scirpoides holoschoenus* (L.) Sojak) і зубрівка пахуча (*Hierochloe odorata* (L.) Beauv.) [78]. Складення ґрунту щільне. Генетичний тип профілю — гумусовий диференційований. Робоче визначення ґрунту: чорноземовидний боровий середньоглибокий псевдофібровий ґрунт [47].

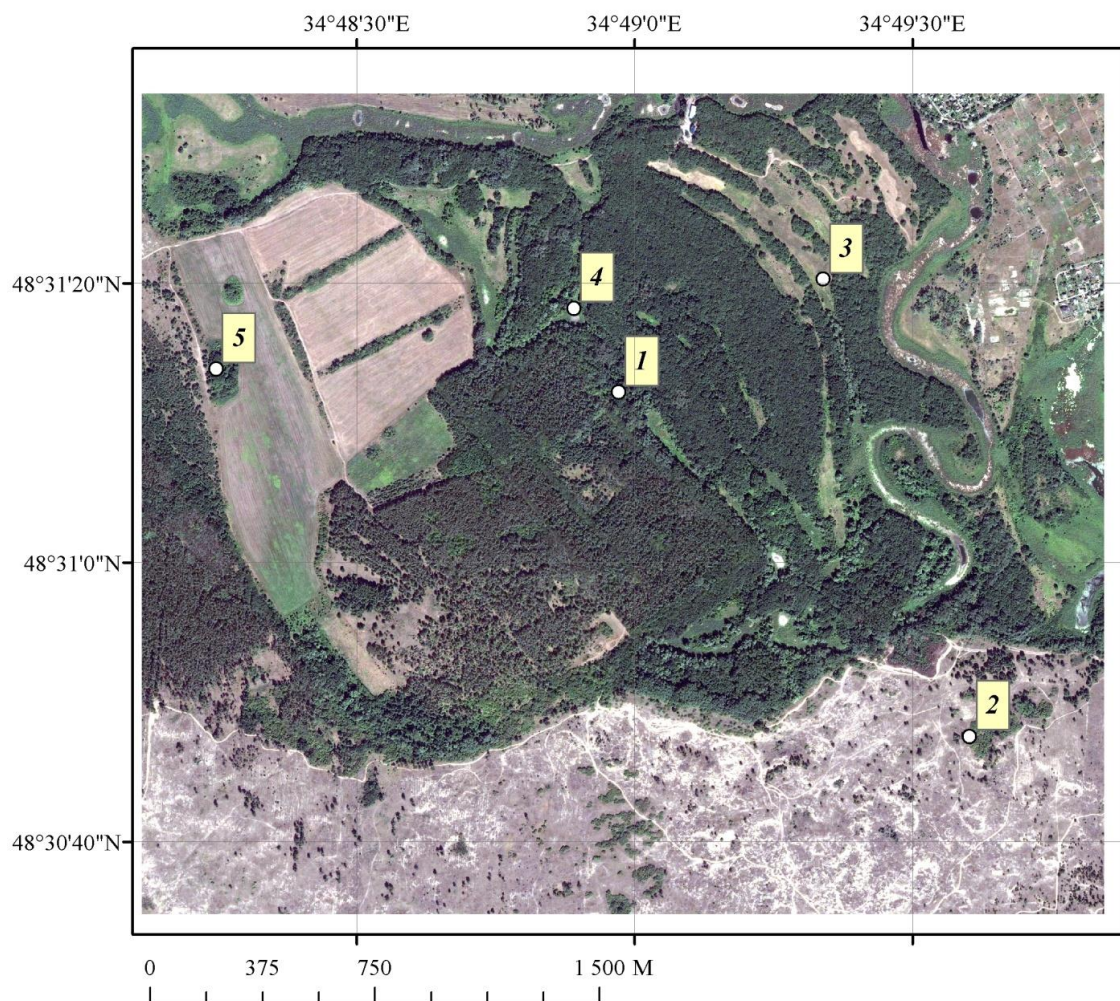


Рис. 2.1. Просторове розміщення полігонів пробних площ

Умовні позначення: 1 – в'язо-осокірник з розхідником; 2 – піщаний степ; 3 – луг; 4 – болото; 5 – чорнокленовий дубняк з грястицею (б. Орлова)

В'язо-осокірник з розхідником на арені р. Дніпро. Встановлено, що загальний список виявлених судинних рослин у межах вивченого полігону становить 36 видів. Деревні рослини переважно представлені дубом і в'язом гладким (проективне покриття $18,92 \pm 1,15$ і $7,97 \pm 0,77\%$ відповідно). Інші деревні види зустрічаються значно рідше. У чагарниковому ярусі найбільш типові бузина чорна ($7,02 \pm 0,40\%$ або $69,77\%$ від проективного покриття чагарникового ярусу) і клен татарський ($2,52 \pm 0,44\%$ або $18,23\%$ від покриття чагарникового ярусу). Серед травостою домінує зірочник середній ($9,10 \pm 1,18\%$ або $42,26\%$ від проективного покриття трав'янистої рослинності). Значну роль в угрупованні відіграє пшінка весняна ($2,62 \pm 0,29$ або

11,76%), часник кінський ($2,01 \pm 0,23$ або 7,95%) і кропива дводомна ($1,64 \pm 0,30$ або 7,62%) [40].

Складення ґрунту щільне. Генетичний тип профілю – гумусовий диференційований. Робоче визначення ґрунту: дерново-лісовий чорноземовидний глибокий глибококарбонатний глеюватий ґрунт [47].

Лук на арені р. Дніпро. На території луки виявлено 97 видів судинних рослин. Фанерофіти переважно представлені дубом звичайним (*Quercus robur* L.) – 0,92 % проективного покриття. Кущі представлені двома видами рослин – клен татарський (*Acer tataricum*) та аморфа кущова (*Amorpha fruticosa*). До хамекриптофітів відноситься найчисельніша кількість видів – 54 вида. Найбільш часто зустрічаються кистятки подільські (*Polygala podolica* D.C.) та костриця валіська (*Festuca valesiaca*). Терофіти представлені переважно миколайчиком плоским (*Eryngium planum*.) та пирієм повзучим (*Elytrigia repens*). Серед геофітів найбільше зустрічається м'ята водяна (*Mentha aquatic.*).

Складення ґрунту щільне або злите. Генетичний тип профілю – елювіально-ілювіальний. Робоче визначення ґрунту: алювіальний луговий високосолончакуватий сильнозасолений глибококарбонатний середній стовпчастий ґрунт [47].

Дубняк з грястицею у балці Орлова. Досліджуваний полігон закладений на ділянці, яка знаходиться в центральній частині урочища Орлова балка біля підніжжя похилого південного макросхилу балки. З трьох боків фітоценоз безпосередньо межує із рільним полем. Лише із західної сторони по межі пробної ділянки проходить неглибока стара канава, за якою починається пологий схил другої дніпровської тераси, зарослий псамофітно-степовою перелоговою рослинністю. Відмітки висот (абсолютні та відносно НПГ Дніпра): 54,2-55,0 (2,8-3,6) м. За ранніми джерелами дана територія характеризується як грушево-дубовий деревостан [68, 69, 70]. На дослідженому полігоні виявлено 48 видів судинних рослин.

Фанерофіти переважно представлені дубом звичайним (*Quercus robur* L.) і грушею звичайною (*Pyrus communis* L.). Деревя нормального зросту і життєвого

стану. Середня висота деревостану: 11,0 (8,5–12,5) м. Ярусна будова відзначається як одноярусна, з диференціацією на два під'яруси. Середня висота першого (утворений переважно деревами дуба) – 12,0 м, другого (переважно із дерев груші) – 9,0 м. Серед кущів найбільш поширена бузина чорна (*Sambucus nigra* L.) та клен татарський (*Acer tataricum* L.). Кількість видів рослин, що відносяться до хаmekриптофітів, найчисленніша – 25 видів. Найбільш часто зустрічається кропива дводомна (*Urtica dioica* L.), фіалка запашна (*Viola odorata* L.) та чистотіл великий (*Chelidonium majus* L.). Терофіти представлені переважно підмаренником чіпким (*Galium aparine* L.). Серед геофітів найбільш зустрічається ваточник сірійський (*Asclepias syriaca* L.).

Складення ґрунту щільне. Генетичний тип профілю – гумусовий диференційований. Робоче визначення ґрунту: дерново-лісовий чорноземовидний глибокий глибококарбонатний ґрунт [47].

Болото на території арени р. Дніпро. На території болота виявлено 70 видів судинних рослин. Фанерофіти на ділянці, що досліджується, переважно представлені кленом ясенелистим (*Acer negundo* L.) і в'язом гладким (*Ulmus laevis* Pall). Серед кущів найбільш поширена ожина сиза (*Rubus caesius* L.) та клен татарський (*Acer tataricum* L.). Кількість видів рослин, що відносяться до хаmekриптофітів, найчисленніша – 28 видів. Найбільш часто зустрічається кропива дводомна (*Urtica dioica* L.) та осока гостра (*Carex acuta* L.). Терофіти представлені переважно бугилою кервель (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm) та підмаренником чіпким (*Galium aparine* L.). Серед геофітів найбільш зустрічається пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.) Gould).

У ценотичному відношенні деревостан та чагарники представлені сільвантами (100% та 82 % відповідно). Найбільш різноманітні хаmekріпофіти, що на 46% складаються з пратантів, псамофіти складають 35, пратанти – 20, палюданти – 8 та сільванти – 8%. Трофоморфи переважно представлені мезотрофоморфами (61,2%). Багаторічні рослини займають 60,75 % від проективного покриття (70,18 % від видового розмаїття полігону), дворічні – 2,20 % (2,54 % від видового розмаїття) та однорічні – 23,61 % (27,28 % від видового розмаїття).

Складення ґрунту рихле або щільне до злитого. Генетичний тип профілю – гумусовий диференційований. Робоче визначення ґрунту: алювіальний лугово-болотний суглинистий карбонатний поверхнево солонцюватий ґрунт [47].

2.3. Методика процедури відбору ґрунтово-зоологічних проб

Експериментальний полігон для відбору ґрунтової мезофауни складався зі 105 точок відбору проб, які розташовані у межах 7 трансект по 15 точок у кожній (рис. 1.2.). Відстань між точками становить 3 м.

У кожній точці були зібрані ґрунтово-зоологічні проби на площі розміром 0,25×0,25 м до глибини зустрічаємості для кількісного обліку ґрунтової мезофауни. Для уточнення видового списку угруповання проведені збори тварин альтернативними способами. У центральній частині полігону були розміщені пастки Барбера (три скляних банки 0,5 л були розставлені на вершинах рівностороннього трикутника з величиною сторони 3 м, фіксатор – концентрований розчин солі і етиленгліколь). Також проведено обстеження нашарувань підстилки та інших рослинних залишків.

У межах кожного квадрата розміром 3 × 3 м було проведено опис рослинності. Вимірювання твердості ґрунтів проводилися в польових умовах за допомогою ручного пенетрометра Eijkelkamp на глибину до 50-100 см з інтервалом 5 см. Середня похибка результатів вимірювань приладу складає ± 8%. Виміри проводилися конусом з розміром поперечного перерізу 1 см² або 2см².

У межах кожної точки виміру твердості ґрунту проводилися в одноразовій повторності. Ґрунтову температуру вимірювали в період з 13 до 14 годин цифровими термометрами WT-1 (ПАТ «Склоприлад», <http://bit.steklopribor.com>, точність – 0,1 ° С) на глибині 5-7 см.

Вимірювання температури зроблені в триразовій повторності в кожній пробній точці. Агрегатну структуру оцінили методом сухого просіювання за Савіновим, щільність ґрунту – за Качинським, вологість ґрунту – ваговим методом [8].

2.4. Опис статистичних розрахунків

Статистичні розрахунки проведені за допомогою програми Statistica 7.0 і програмної оболонки «Проджект Р»: мова і середовище для статистичних розрахунків» (<http://www.R-project.org/>).

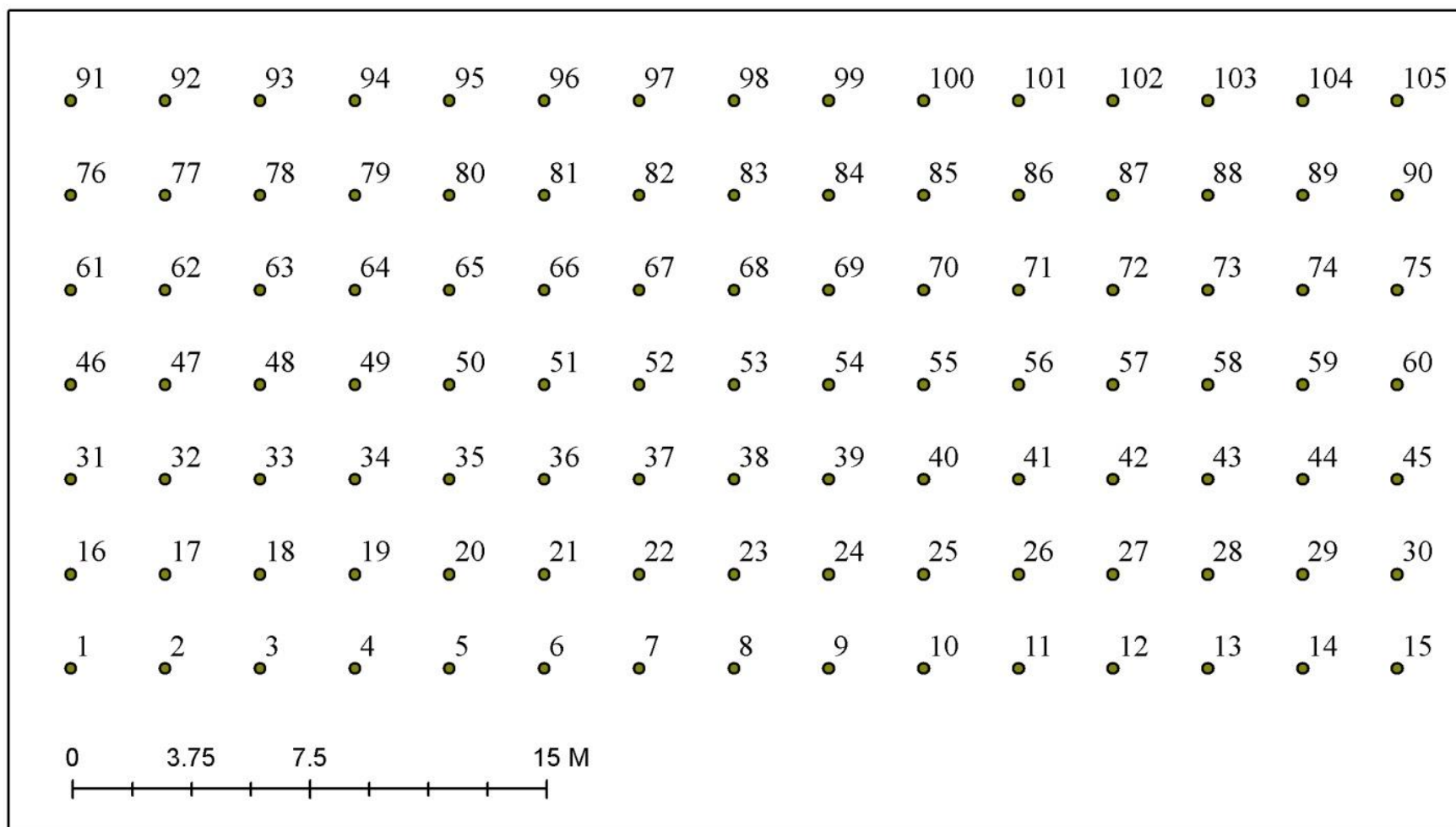


Рис. 2.2. Організація відбору проб у межах експериментального полігону

Оцінювання довірчих інтервалів і стандартного відхилення чисельності ґрунтових тварин було зроблено за допомогою бутстреп-підходу і виконано засобами пакета Волопаса [175]. Характеристика екоморф рослин наведена за О. Л. Бельгардом [127] і В. В. Тарасовим [201, 202], бальна оцінка екоморф наведена за Н. М. Матвієвим. Статистичні процедури RQL-аналізу виконано за допомогою пакета ade4 для оболонки R (The R Foundation для статистичних обчислень, 2010). Значимість RQL оцінена за допомогою процедури randtest.rlq.

Розрахунки геостатистичних показників проводилися за допомогою програми Surfer 11,0. Для опису просторової мінливості твердості ґрунту ми використовували параметри варіаграми сферичної моделі: наггет-ефект (C_0), частковий поріг (C_1), поріг (C_0+C_1), радіус впливу, рівень просторової залежності (SDL) [24].

Фітоіндикаційні шкали наведено за Я. П. Дідухом [149, 150]. До едафічних фітоіндикаційних шкал відносяться показники гідроморф (Hd), змінності зволоження (fH), аерації (Ae), режиму кислотності (Rc), сольового режиму (Sl), вмісту карбонатних солей (Ca), вмісту засвоюваних форм азоту (Nt). До кліматичних шкал відносять показники терморезиму (Tm), омброрезиму (Om), кріорезиму (Cr) і континентальності клімату (Kn). Крім зазначених, виділяється ще шкала освітлення (Lc), яку характеризують як мікрокліматичну шкалу. Ценоморфи представлені степантами, пратантами, псамофітами, сільвантами і рудерантами. Степанти і сільванти складають основну частину рослинного покриву (76,51 і 16,39% відповідно), тому саме ці екоморфи використані як предиктори твердості ґрунту (змінні St і Pr – проектне покриття відповідних екоморф у %). Гігроморфи представлені ксерофітами (рівень вологості 1), мезоксерофітами (рівень вологості 2), ксеромезофітами (рівень вологості 3), мезофітами (рівень вологості 4), гігромезофітами (рівень вологості 5). Рівень вологості за гігроморфічною структурою (Hygr) оцінено як:

$$Hygr = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} (i \times P_i)}{100},$$

де i – рівень вологості; P_i – проективне покриття рослин відповідної гігроморфи.

Трофоморфи представлені оліготрофами (рівень трофності 1), мезотрофами (рівень трофності 2) і мегатрофами (рівень трофності 3). Рівень трофності за трофоморфічною структурою ($Troph_B$) оцінено як:

$$Troph_B = \frac{\sum_{j=1}^{j=N} (j \times P_j)}{100},$$

де j – рівень трофності; P_j – проективне покриття рослин відповідної трофоморфи.

Геліоморфи представлені геліосціофітами (рівень освітлення 2), сціогеліофітами (рівень освітлення 3), геліофітами (рівень освітлення 4). Рівень освітлення за геліоморфічною структурою (Hel) оцінено як:

$$Hel = \frac{\sum_{z=1}^{z=N} (z \times P_z)}{100}$$

де z – рівень освітлення; P_z – проективне покриття рослин відповідної геліоморфи [8].

Змінні, які в сумі складають фіксоване число (наприклад, 1 або 100%), називаються композитними. Зазвичай структуру об'єкта відображають за допомогою композитних змінних [181]. У нашому дослідженні композитною змінною є ценоморфічна структура – співвідношення в угрупованні представників різних ценоморф. Техніка композитного аналізу даних може бути застосована для інтеграції розподілу часток ценоморф в угрупованні в синтетичні індекси, які могли б нести інформацію про тонкі особливості структури [34, 139]. У композитній змінній завжди як мінімум одна фракція є надлишковою, яка викликає появу неправдивої кореляції. Поінформованість про проблему статистичного аналізу композитних даних входить до статті Карла Пірсона [189], назва якої починається словами: «Про форми помилкової кореляції ...». Тривіальним випадком є двокомпонентна система, в якій коефіцієнт кореляції між змінними компонентами завжди буде точною – 1, так як будь-яка зміна в одній компоненті тягне точно таку ж зміну в іншій компоненті [204]. Так як некорельовані пропорції не є обов'язково незалежними, зважаючи на вираженість композитних систем, тому кореляції між пропорціями дуже складно інтерпретувати [116, 140, 183]. Крім того, композитні дані мають ненормальний розподіл по визначенню, так як знаходяться в діапазоні

від 0 до 100%, тоді як випадково розподілена величина повинна бути розподілена від $-\infty$ до $+\infty$ [188]. Нормальний закон розподілу Гаусса не може бути застосований до розподілу композитних змінних, тому що не можливе від'ємне значення фракції, або частки, що перевищує 100% [138, 158]. В результаті статистичні процедури, які засновані на припущенні про нормальний закон розподілу випадкової величини, такі, як регресійний, кореляційний, одиночні і множинні статистичні аналізи, в більшості випадків призводять до помилкових висновків [48, 140].

Логарифмічні відносини, які можуть приймати будь-які реальні значення, здатні відобразити композитні дані у реальному евклідовому просторі, в якому можуть застосовуватися гаусові закони [111, 123, 169]. Застосування спеціального послідовного бінарного розбиття (*sequential binary partition* – SBPD) фракцій з ортонормальним базисом дає можливість ізометричному лог-відношенню (*isometric log ratio* – ilr) композитних змінних відобразити процес агрегації і фрагментації в D-1 вимірах без втрати інформації [160, 169]. Ізометрична лог-трансформація (ilr) є спеціальним випадком лог-трансформації без втрати вихідної інформації в силу її ортогональності [160, 174]. Ізометрична лог-трансформація може здійснюватися з різними базисами: базовий, балансовий, оптимальний, а також балансові, апроксимуючі головні компоненти різними способами (Pbhclust, Pbmahvar, Pbangprox) [167]. З математичної точки зору отримані перетворення є рівнозначними. В якості критерію оптимальності вибору способу трансформації даних має виступати не математичне обмеження, а будь-яка екологічна властивість об'єкта [48]. Для цього ми розглядаємо кореляцію матриці відстаней, отриманої після того або іншого способу трансформації, з матрицею відстаней, отриманою на основі фітоіндикаційних шкал та інших екоморф [121]. Кореляція між матрицями встановлена за допомогою тесту Мантеля.

При статистичних розрахунках використані методи описової статистики. Для зниження розмірності простору показників твердості ґрунту було застосовано неметричне багатовимірне шкалювання [146, 171]. При цьому для отримання найбільшої рангової кореляції проводили вибір міри зв'язку між об'єктами, а також попереднє перетворення первинних даних [177 217217]. Як заходи зв'язку

використовували такі метрики: евклідова, манхеттенівська, Гувера, Брея-Куртиса, Кульчинського, Морісіта, Горна-Морісіта, біноміальна, Као, Жаккар, Маунфорда, Рауп-Крика, Канберра, Чао [169, 186]. Використовували такі варіанти перетворення даних: витяг логарифма, кореня квадратного, χ -квадрат перетворення, трансформація Хеллінджера і вісконсіанська трансформація [42, 122]. Оцінка різноманітності метагрупування мезопедобіонтів проведена за допомогою бібліотеки DivEst [179].

РОЗДІЛ 3.

ПРОСТОРОВИЙ АСПЕКТ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ УГРУПОВАННЯ МЕЗОПЕДОБІОНТІВ ПІЩАНОГО СТЕПУ НА АРЕНІ Р. ДНІПРО

3.1. Просторове варіювання едафічних характеристик

У межах ландшафту послідовність хорологічних одиниць від вершини вододілу до водотоку: «послідовний за рельєфом ряд ґрунтів, відмінності між якими пов'язані з відмінностями висотного рівня і ухилу, що визначають дренаж» утворює зв'язаний комплекс, відповідний катені [53, 180]. Катена є елементарною структурною одиницею ландшафту [5] та дозволяє повною мірою виразити природні просторові і тимчасові властивості екосистем, які характеризують їх різноманітність і динаміку [28]. Екотопи піщаного степу у катені, що вивчається, характеризуються найбільшою мінливістю умов зволоження, найменшим рівнем мінерального живлення та найменшим рівнем теплозабезпеченості [42]. Для визначення інформаційно ємних факторів впливу на просторовий розподіл мезопедобіонтів у межах екологічного простору, що вивчається, необхідно встановити значення едафічних характеристик та структурну організацію рослинного покриву на експериментальних полігонах.

Визначено, що едафічні характеристики можуть розглядатися як детермінанти екологічного простору угруповання мезопедобіонтів (Додаток 1). Для середніх значень твердості ґрунту по верствах ($N = 105$) характерне поступове збільшення з глибиною від значень 0,65 МПа до 4,72 МПа. Від глибини 0-5 см до 55-60 см (тобто, фактично, до середини перехідного горизонту) значення твердості монотонно збільшуються від 0,65 МПа до 4,42 МПа. Потім настає стан відносної стабільності, і в шарі 60-100 см (нижня частина перехідного горизонту) значення твердості коливаються від 4,42 МПа до 4,8 МПа. В шарі 75-80 см знаходиться максимальне значення твердості – 4,80 МПа [13]. Перевищення граничного для коренів рослин рівня твердості ґрунту (3 МПа) [73] спостерігається з глибини 35-40 см.

Температура ґрунту, в середньому, 23,86 °С, що перевищує оптимальну температуру ґрунту (20-22 °С) [214] для нормального розвитку рослин [80]. Оптимальна вологість ґрунту – така його вологість, при якій коренева система рослин не відчуває дефіциту води. Для піщаного ґрунту характерний відсоток вологості складає 4-7%. [12]. В середньому, вологість ґрунту на дослідженій ділянці – 1,78%.

Оптимальна щільність ґрунту для нормального розвитку кореневої системи рослин складає 1-1,2 г/м³. На дослідженій ділянці щільність ґрунту змінюється у межах від 0,72 г/м³ до 1,7 г/м³ та, в середньому, складає 1,39 г/м³. Агрегатна структура верхнього ґрунтового шару представлена переважно мезоагрегатами (80,79-90,58%), що свідчить про високу ступінь структурованості. Коефіцієнт структурності – 5,66-6,24. Нами встановлені середні значення вимірів твердості ґрунту на дослідженій ділянці та геостатистичні показники [13] (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1

Геостатистичні параметри твердості ґрунту

Шар, См	C ₀ (наггет) *10 ⁻²	C ₁ (частковий поріг)	C ₀ + C ₁ (поріг)	SDL, %	Радіус впливу, м
0-5	0,05	0,03	0,03	1,64	6,57
5-10	0,52	0,03	0,04	14,1	5,91
10-15	0,67	0,06	0,07	10,07	6,50
15-20	1,22	0,11	0,12	10,21	6,03
20-25	2,38	0,16	0,18	13,09	6,21
25-30	4,87	0,14	0,18	26,49	6,80
30-35	10,60	0,43	0,59	19,88	7,50
35-40	10,61	0,48	0,59	18,10	8,30
40-45	11,02	0,56	0,67	16,44	8,70
45-50	12,03	0,57	0,69	17,34	9,20
50-55	12,93	0,55	0,67	19,16	9,50
55-60	11,90	0,36	0,48	25,05	9,40
60-65	12,08	0,30	0,42	30,26	9,70
65-70	11,90	0,22	0,34	35,21	9,80
70-75	11,00	0,29	0,40	27,30	9,96
75-80	11,90	0,29	0,40	27,54	10,50
80-85	12,80	0,28	0,41	31,37	10,60
85-90	13,12	0,24	0,37	35,08	10,80
90-95	9,32	0,28	0,37	25,12	8,10
95-100	10,14	0,21	0,11	32,37	7,87

На підставі розрахованих варіограм були побудовані карти просторової мінливості твердості ґрунту (Додаток 1). Ділянки з підвищеною твердістю формують геометрично відокремлені зони, які характеризуються розмірами і формою. Інша частина ґрунтового тіла зайнята ділянками з меншою твердістю. Просторова організація ґрунту, що визначається в цьому дослідженні, найбільш близька до поняття «педон», але цей термін має конкретний ґрунтознавчий сенс, для визначення якого однієї твердості мало, тому ми використовуємо більш загальний, а значить, менш певний термін – ґрунтове тіло. Таким чином, оцінка просторового співвідношення ділянок з високою і низькою твердістю дозволяє нам описати організацію ґрунтового тіла [82].

Аналіз даних свідчить про те, що на глибині 95-100 см знаходяться області з підвищеною твердістю ґрунту, які займають більшу частину території, що вивчається, які (на зрізах) мають амебоїдну форму. Дані ділянки більшою мірою однорідні за показником твердості. З наближенням до поверхні ґрунту форма розглянутих областей змінюється. Кордон контакту зон підвищеної і зниженої твердості стає більш порізаним. Починаючи з глибини 65-70 см, ділянки з підвищеною твердістю (4,85 МПа), які знаходяться з правого боку досліджуваної території, поступово поступаються місцем зонам з меншими значеннями твердості ґрунту (4,1 МПа). З глибини 45-50 см до 0-5 см співвідношення більш твердих і менш твердих ділянок стає приблизно однаковим у всіх шарах, при цьому ділянки зі змінними в горизонтальному напрямку значеннями показника твердості формують мозаїчну структуру.

Таким чином, встановлено, що підвищені значення твердості ґрунту в межах наших пошарових вимірювань утворюють конусоподібну область (з підставою конуса в шарі 95-100 см, що збігається з нижньою частиною перехідного горизонту ґрунту), яка в зрізах по верствах дає амебоїдну форму.

Для встановлення взаємозалежності між значеннями у точках відбору проб використано параметри варіограми сферичної моделі. Наггет-ефект вказує на значущість непросторової компоненти [145]. Встановлено, що даний показник варіює від значення $0,05 \cdot 10^{-2}$ до $13,12 \cdot 10^{-2}$. У шарі 0-15 см наггет поступово

збільшується з $0,05 * 10^{-2}$ до $0,67 * 10^{-2}$, потім, у межах 15-35 см, відбувається різкий стрибок значень вгору з $0,67 * 10^{-2}$ до $10,60 * 10^{-2}$, і в шарі між 35 і 100 см значення нагетт-ефекту коливаються від $10,60 * 10^{-2}$ до $13,12 * 10^{-2}$. Це означає, що до глибини 30-35 см спостерігається висока залежність між точками впливу, відповідно, високому показнику гетерогенності твердості ґрунту.

Поріг – це значення, яке модель варіограми приймає в точці радіуса впливу [142]. Значення даного показника змінюються з глибиною від 0,03 до 0,31. У просторі між шарами 0-5 і 25-30 см відбувається поступове збільшення значень порога (від 0,03 до 0,18). Потім спостерігається значний пік показників у межах шару 25-70 см (0,18-0,34) з максимальним значенням на глибині 45-50 см (0,69), після чого – поступове зниження показників, починаючи від шару 70-75 см до 95-100 см (0,40-0,31).

Ставлення нагетт-ефекту до показника «поріг» дає можливість оцінити рівень просторової залежності (SDL). При значенні просторового співвідношення 0-25% має місце висока просторова залежність; при значенні 25-75% – середня залежність; при значенні 75-100% – низька [143]. Встановлено, що показник SDL збільшується від 1,64% на глибині 0-5 см до 32,77% на глибині 95-100 см. Визначено кілька локальних піків: перший пік спостерігається на глибині 10-25 см (10,07 % -26,49%), другий – 35-55 см (18,10% -25,05%), третій – 70-85 см (27,30% -31,37%). Піки мінімальних значень SDL свідчать про підвищення просторової варіативності значень на даних ділянках.

Високий рівень просторової залежності спостерігається на глибині 0-55 см (1,64% - 25,05%), середній – на глибині 55-100 см (25,06% -32,77%). Встановлено, що на глибині від 0-5 см до 25-30 см радіус впливу коливається від 5,91 м до 6,57 м, потім в області 30-90 см відбувається монотонне збільшення значень радіуса впливу від 6 м до 10,8 м. На глибині 90-100 см спостерігається спад цього показника до рівня 7,87 м.

Таким чином, за допомогою параметрів варіограми сферичної моделі визначено, що просторова залежність зменшується з глибиною існування піків

мінімальних значень SDL вказує на існування різного роду механізмів, що впливають на просторову неоднорідність параметрів твердості ґрунту.

3.2. Екоморфічна структура рослинності

На території псамофільного степу виявлено 56 видів судинних рослин. Досліджуваний біогеоценоз перебуває на стику двох угруповань: псамофільного степу і чагарникового ценоза на вершині дюнного пагорба. У ценотичному відношенні йдеться про псамофітний степовий моноценоз і чагарниковий амфіценоз зі степовим і лісовим елементами. Деревостан і чагарники представлені сільвантами, а напівчагарники – псамофітами. Гемікриптофіти багаторічники представлені переважно псамофітами (82,38%), а дворічники – степантами (60,00%). Терофіти представлені псамофітами (95,00%). Різноманітніші у ценоморфічному відношенні геофіти, які представлені пратантами 44,00%), псамофітами (36,80%) і сільвантами (18,40%). Однорічники формують 67,10% проективного покриття (54,39% від видового багатства), дворічні – 0,24% (7,02% від видового багатства), а однорічні – 9,65% (22,81% від видового багатства).

За основу шкали показника гігморф (екогрупи рослин щодо водного режиму ґрунтів) Я. П. Дідуха взята шкала Циганова. Рівень вологості едафотопу досліджуваного полігону можна оцінити як середньостеповий (за Цигановим) і субксерофітний (за Дідухом). Такий режим вологості характерний для сухуватих луко-степових умов з незначним промоканням кореневого шару опадами і талими водами [27]. За шкалою змінності зволоження едафотоп можна охарактеризувати як гідроконтрастнофільний – характерний для сухих степових екотопів, які формуються в умовах вкрай нерівномірного зволоження.

У таблиці 3.2. наведені результати обчислення кореляції Спірмена з матрицями дистанцій між сайтами відбору проб, встановленими за видовою структурою рослинного співтовариства і матрицями дистанцій, знайденими на основі факторів навколишнього середовища і фітоіндикаційних шкал.

Таблиця 3.2

Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена матриць вимірів
відмінності/подібності між сайтами відбору проб за таксономічною матрицею
рослин і параметрів навколишнього середовища

Метрика	Спосіб трансформації даних										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Евклідова	0.31	0.46	0.44	0.31	0.48	0.47	0.35	0.48	0.44	0.43	0.22
Манхеттенська	0.40	0.50	0.49	0.42	0.50	0.50	0.42	0.50	0.50	0.49	0.46
Гувера	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50	0.50	0.47	0.50	0.50	0.49	0.52
Брея-Куртіса	0.42	0.46	0.46	0.42	0.46	0.45	0.42	0.46	0.46	0.48	0.46
Кульчинського	0.42	0.46	0.46	0.42	0.45	0.44	0.42	0.45	0.46	0.47	0.46
Морісіта	0.36	0.43	0.41	0.04	-0.27	0.17	-0.35	-0.27	-0.47	-0.34	0.00
Горна-Морісіта	0.36	0.45	0.44	0.36	0.45	0.44	0.36	0.45	0.44	0.46	0.45
Као	0.38	0.40	0.40	0.05	0.42	0.41	0.12	0.42	0.23	0.43	-0.17
Жаккара	0.42	0.46	0.46	0.42	0.46	0.45	0.42	0.46	0.46	0.48	0.46
Моунфорда	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Рауппа-Крика	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Канберра	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43
Чао	0.41	0.41	0.41	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.45	0.47	0.44
Махаланобіса	0.38	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.38	0.38	0.38	0.37

Умовні позначення: 1 – дані не трансформовані; 2 – логарифмовані дані; 3 – корінь квадратний; 4 – дані, поділені на маргінальну суму; 5 – дані, поділені на маргінальний максимум; 6 – дані, поділені на маргінальну суму і помножені на кількість ненульових значень; 7 – нормалізовані дані (маргінальна сума квадратів значень дорівнює 1); 8 – стандартизовано до діапазону 0–1; 9 – перетворення Хеллінджера; 10 – χ^2 -трансформація; 11 – віконсіанська трансформація.

Для ординації рослинного угруповання було використано неметричне багатовимірне шкалювання, яке вважається однією з найкращих і робастних процедур при непрямій ординації. Під робастним розуміється здатність методу надавати надійні результати навіть тоді, коли порушуються припущення, що лежать в його основі. Неметричне шкалювання може застосовуватися для ситуацій з будь-яким характером відгуку угруповань живих організмів на фактори навколишнього середовища. Для визначення метрики відмінності-подібності можна виходити з припущення про те, що отримана на її основі матриця повинна

характеризуватися найбільшою ранговою кореляцією з факторами зовнішнього середовища. Вибір був зроблений серед таких метрик: евклідова, манхеттенська, Гувера, Брея-Куртиса, Кульчинського, Морісіта, Горна-Морісіта, біноміальна, Као, Жаккар, Маунфорда, Рауп-Крика, Канберра, Чао. Попереднє перетворення експериментальних даних також впливає на результати аналізу. Поряд із безпосереднім використанням отриманих даних практикуються такі форми перетворення, як витяг логарифма або кореня квадратного, χ^2 перетворення, трансформація Хеллінджера і вісконсіанська трансформація.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що найбільшою кореляцією з факторами середовища характеризуються матриці на основі метрики Кульчинського і для перетворення вилучення квадратного кореня. Багатовимірне шкалювання дозволяє в просторі меншої розмірності відобразити вихідний багатовимірний масив даних. Питання про кількість вимірювань може бути вирішене шляхом оцінки швидкості зміни стресу при збільшенні числа вимірювань.

Стрес є мірою точності відображення вихідних даних у просторі меншої розмірності. Якщо при збільшенні числа вимірювань зменшення стресу відбувається повільно, то такий приріст числа не дає істотного поліпшення якості відображення (рис. 3.1.).

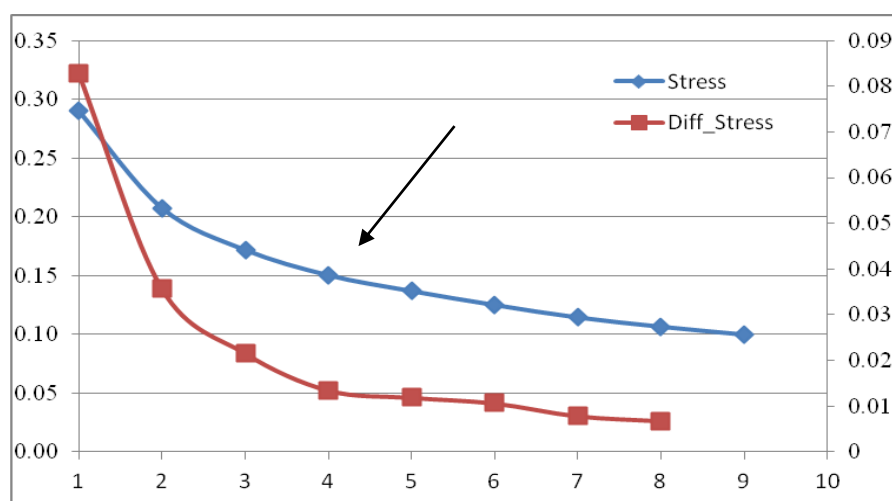


Рис. 3.1. Залежність стресу і диференційного стресу від кількості вимірювань

Умовні позначення: ось абсцис – кількість вимірювань; ось ординат – стрес (Stress, зліва) та диференційний стрес (Diff_Stress, праворуч). Стрілка вказує на зону різкого перегину диференційного стресу.

Таким чином, різкий перегин кривої диференційного стресу може вказувати на оптимальне число вимірювань. Чіткість перегину посилюється, якщо використовувати диференційний стрес – різницю значень стресу між сусідніми кількостями вимірювань.

Результати, представлені на графіку, свідчать про те, що після трьох обраних вимірювань і більше стрес збільшується дуже плавно. Це дозволило нам зупинитися на відображенні багатовимірної хмари даних у трьох вимірах. Аналіз коефіцієнтів кореляції показників середовища і значень вимірів є основою для інтерпретації цих вимірювань (Додаток 1). Показники твердості ґрунту дають можливість окреслити від 0,01 до 0,21 від рівня варіювання перших трьох вимірів, виділених при багатовимірному шкалюванні, якщо цей рівень прийняти за 1. Статистично достовірно твердість починає впливати на властивості рослинності з глибини 20-25 см і до 55-60 см. Також рослинність чутлива до твердості на глибині 95-100 см. Вимірювання 1 чутливе до загального рівня мінливості твердості ґрунту в межах усього виміряного ґрунтового профілю. Таким чином, цей вимір диференціює рослинність за ступенем переваги більш-менш твердих ґрунтових локусів. Менш тверді локуси (позитивні значення вимірювання) маркуються комплексом видів, серед яких перевагу має *Acer tataricum*, а також *Chelidonium majus*, *Convolvulus arvensis*, *Viola arvensis* і *Polygonatum odoratum*. Ґрунт у сайтах, які зайняті зазначеними видами, відрізняється більш високою вологістю (рис. 3.2.), а також меншою температурою, температурною варіабельністю в часі та щільністю ґрунтового покриву. У ґрунті чорнокленових кущів відзначено переважання великих (0,5-3,25 мм) і дуже дрібних агрегатних фракцій (<0,25 мм), а також коренів.

Фітоіндикаційні шкали вказують на те, що вимір 1, виділений при багатовимірному шкалюванні, пов'язаний з відносно підвищеною кислотністю ґрунту, більшим аеруванням та підвищеним рівнем азотного живлення. Позитивні значення вимірювання 1 вказують на ті ділянки полігону, де превалюють представники лісових ценотичної компоненти. Негативні значення вимірювання 1 охоплюють ділянку досліджуваного полігону, яка безпосередньо оточує

чорнокленові кущі. Таксономічна та екологічна різноманітність простору, що залишилася, описується вимірами 2 і 3.

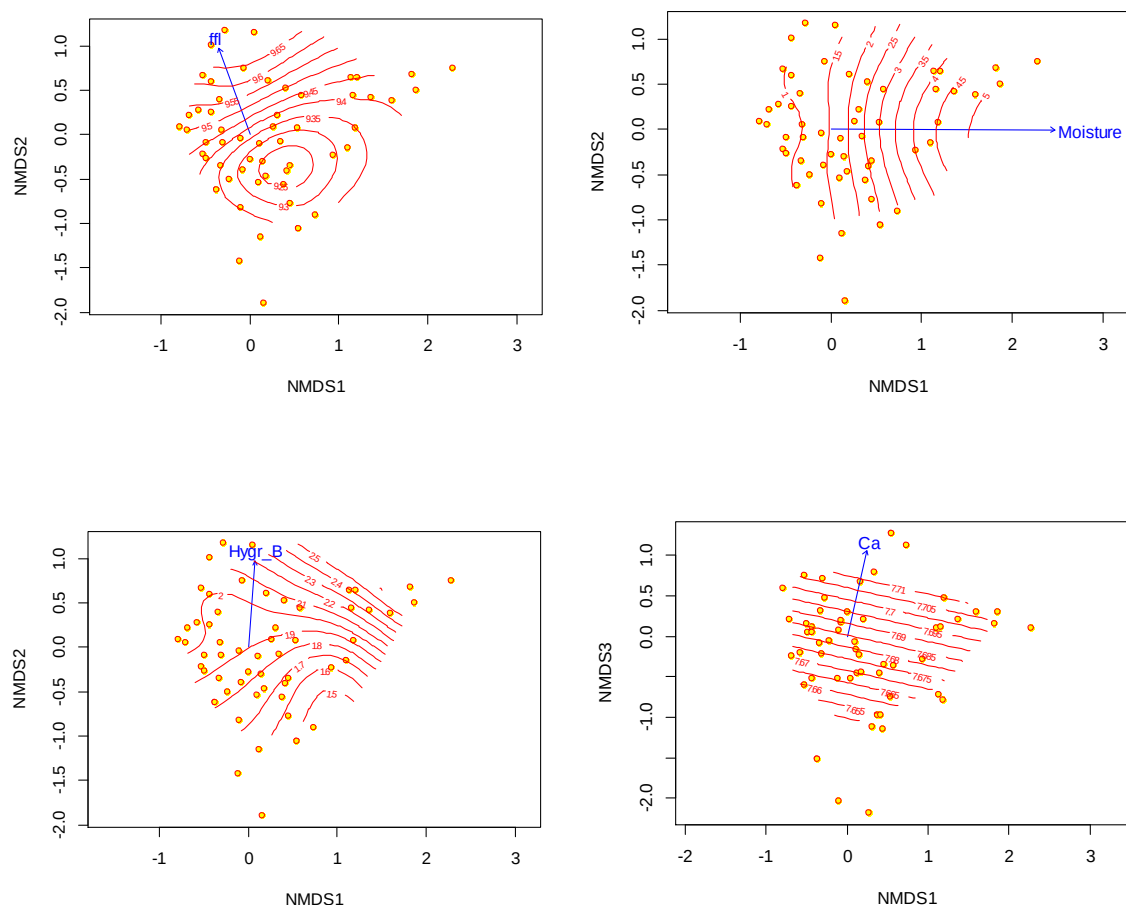


Рис. 3.2. Вектори екологічних факторів та їх ізолінії у просторі осей багатовимірнього шкалювання

Умовні позначення: див. табл. 1; точками показано розміщення видів.

Значення виміру 2 безпосередньо не вказують на особливості угруповання, які мали б ценоморфічну складову. Цей вимір чутливий до вертикальної диференціації профілю ґрунту за значеннями твердості. Позитивні значення виміру 2 вказують на ділянки з переважанням гравію, а негативні – на переважання коренів у ґрунті. Фітоіндикаційні шкали вказують на високу роль варіабельності режиму зволоження (рис. 4.2), засолення і вологості едафотопу у визначенні трендів мінливості рослинності, які відображаються виміром 2. Аналогічні результати показують індекси, засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда (рис. 3.2). Трофоморфи і гігроморфи є високоінформативними для ідентифікації зазначеного виміру.

Позитивні значення виміру 2 відповідають перевазі у рослинному угрупованні таких видів, як *Populus nigra*, *Alyssum minutum*, *Conyza canadensis* і *Centaurea diffusa*. Екологічно протилежні угруповання формуються *Hieracium umbellatum*, *Dianthus chinensis*, *Achillea millefolium*, *Melilotus officinalis* і *Veronica longifolia*.

Позитивні значення виміру 3 вказують на сайти, в яких рослинність має переважно луговий характер з істотною степовою компонентою. Негативні значення більшою мірою відповідають псамофітним компонентам угруповання. З едафічних властивостей з виміром 3 найбільшою мірою пов'язані такі, як вміст гравію і великого піску, а також вміст у ґрунті коріння. Підвищені значення таких фітоіндикаційних шкал, як забезпеченість ґрунту кальцієм і континентальність, відповідають позитивним значенням виміру 3. У таких сайтах превалюють *Veronica longifolia*, *Melilotus officinalis* і *Centaurea borysthenica*, тоді, як підвищені значення забезпеченості ґрунту доступними формами азоту і вмісту в ґрунті солей вказують на негативні значення цього виміру. В таких едафічних умовах найчастіше зустрічаються *Eryngium planum*, *Poa annua*, *Linaria vulgaris* і *Bromus squarrosus*.

Для оцінки ролі різних компонентів у варіабельності організації рослинного угруповання були розраховані загальні і часткові тести Мантеля (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Кореляції матриць відстаней (тест Мантеля)

Матриці відстаней	Едафічні показники	Фітоіндикаційні шкали			Просторові координати
		Усі	Кліматичні	Едафічні	
Тест Мантеля					
Рослине угруповання	$r = 0,26,$ $p = 0,001$	$r = 0,62,$ $p = 0,001$	$r = 0,37,$ $p = 0,001$	$r = 0,59,$ $p = 0,001$	$r = 0,04,$ $p = 0,120$
Приватний тест Мантеля, керуючі змінні					
Простір	$r = 0,26,$ $p = 0,001$	$r = 0,62,$ $p = 0,001$	$r = 0,36,$ $p = 0,001$	$r = 0,59,$ $p = 0,001$	–
Фітоіндикаційні шкали	$r = 0,17,$ $p = 0,004$	–	–	–	$r = 0,06,$ $p = 0,053$
Кліматичні шкали	$r = 0,22,$ $p = 0,002$	–	–	$r = 0,54,$ $p = 0,001$	$r = 0,03,$ $p = 0,195$
Едафічні шкали	$r = 0,19,$ $p = 0,003$	–	$r = 0,23,$ $p = 0,001$	–	$r = 0,06,$ $p = 0,039$
Едафічні показники	–	$r = 0,60,$ $p = 0,001$	$r = 0,34,$ $p = 0,001$	$r = 0,57,$ $p = 0,001$	$r = 0,04,$ $p = 0,124$

Простий тест Мантеля свідчить про те, що екологічні чинники, а саме властивості едафотопу, найбільшою мірою визначають властивості матриці рослинного угруповання, яка є відображенням його структури. Властивості едафотопу, оцінені за допомогою фітоіндикаційних шкал, є кращими предикторами властивостей рослинного угруповання, ніж інструментально виміряні властивості ґрунту. Вимірювання властивостей середовища за допомогою фітоіндикаційного оцінювання для пояснення особливостей структури рослинного угруповання на перший погляд тавтологічні. Однак, отриманий результат вказує на координуючу роль екологічних особливостей рослин в угрупованні для не випадкового їх розподілу в просторі. Фітоіндикаційні шкали дозволяють змістовно інтерпретувати вимірювання, одержувані при багатовимірному шкалюванні. Самі виміри вказують лише на наявність організації в рослинному угрупованні на обраному масштабному рівні, тоді як фітоіндикація вказує на можливі механізми формування цієї організації.

Менша роль розглянутих інструментально деяких показників цілком закономірна, оскільки перелік едафічних показників, які теоретично здатні впливати на рослинне угруповання, в даному дослідженні далеко не повний. Частковий тест Мантеля вказує на те, що просторові координати не надають додаткової інформації, яка могла б пояснити особливості рослинного угруповання.

Фітоіндикаційні шкали в якості керуючої змінної значно знижують значення тесту Мантеля, тоді як у зворотній конфігурації едафічні показники не впливають на тест Мантеля для рослинного угруповання і фітоіндикаційних шкал. У цьому ще раз відбивається більш комплексний характер відображення екологічної специфіки в термінах фітоіндикаційних шкал, ніж інструментальних показників ґрунтових властивостей. Крім того, приватні тести Мантеля вказують на інформаційну перевагу фітоіндикаційних шкал перед обраним переліком ґрунтових властивостей, що свідчить про те, що на обраному масштабному рівні фітоіндикаційні шкали здатні давати екологічно релевантну інформацію.

3.3. Екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів

У ґрунті досліджуваного полігону при ручному розбиранні проб було виявлено 29 видів ґрунтових тварин. Додаткові способи вилову (пастки Барбера, огляд залишків дерев, що розкладаються, кори, підстилки) дозволили встановити список тварин з 40 видів. Щільність ґрунтової мезофауни вивченого полігону становить $68,86 \pm 14,62$ екз./м². Характеристика таксономічного та екологічного різноманіття угруповання мезопедобіонтів досліджуваного полігону представлена в додатку 1 [83].

Домінуючою групою за чисельністю і різноманіттям комахи – личинки та імаго, які, в середньому, склали 79,01% від сумарної чисельності виявленого угруповання. Наступною за значимістю угрупованні групою є павуки, які складають 17,92% за сумарною чисельністю угруповання. Значно рідше зустрічаються губоногі багатоніжки, представлені власне ґрунтовим видом *Pachymerium ferrugineum* (становлять 2,21% від чисельності угруповання) і підстилковим видом *Lithobius forficatus*, який був виявлений за допомогою пасток Барбера. Молюски, які представлені *Cochlicopa lubrica* і *Succinella oblonga*, становлять 0,87% від чисельності угруповання.

Серед усього угруповання ґрунтових тварин личинкові стадії складають 40,06%. Личинки (ювенільні форми) були встановлені тільки для комах, серед яких ця вікова стадія становить 73,64%.

Найбільш різноманітною і багатою групою комах є чорниші. Вони представлені 9 видами, серед яких найбільш численними є імаго *Tentyria nomas* і личинки *Podonta daghestanica*. Сумарна чисельність Tenebrionidae становить $12,04 \pm 3,07$ екз./м². Серед чорнишів личинки складають 40,45% за чисельністю.

Родині Tenebrionidae в угрупованні трохи поступається родина Melolonthidae, яка представлена тільки личинковою фазою *Anoxia pilosa* з чисельністю $8,53 \pm 1,41$ екз./м².

Важливим компонентом угруповання мезопедобіонтів є жуличі, які представлені 7 видами. У зборах встановлені личинкові та імагінальні стадії *Calathus ambiguus*. Чисельність жуличів становить $7,02 \pm 1,34$ екз./м², серед яких

2,14% складають личинки. Додатковими способами лову встановлені *Calosoma inquisitor* і вид, який включений до Червоної книги України – *Carabus hungaricus* [136, 137].

Родина Elateridae представлена двома видами на личинковій фазі – *Selatosomus aeneus* і *Cardiophorus cinereus*. Чисельність дротяників становить $5,94 \pm 1,39$ екз./м². За допомогою пасток Барбера встановлений імаго *Prosternon tessellatum*. Також за допомогою пасток Барбера встановлені два представники родини Dermestidae – *Dermestes lanarius* і *D. undulates* і два представники родини Silphidae – *Nicrophorus investigator* і *N. vespillo*.

Одним видом представлені родини Byrrhidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Staphylinidae, Lucanidae, Scarabaeidae, Asilidae, Tabanidae. До рівня родини визначені личинки родини Noctuidae.

Також слід зазначити наявність в угрупуванні представника хребетних, який за формальною ознакою може бути віднесений до мезопедобіонтів – землянка звичайна (*Pelobates fuscus*). Екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів представлена на рисунку 3.3.

В угрупуванні за чисельністю домінують степанти (86%) і значно менше – сільванти (19,0%). Пратанти і палюданти разом складають близько 2% за чисельністю. Гігроморфи представлені ксерофілами (81%) і мезофілами (17%). Гігрофіли становлять 2%. У топоморфічній структурі переважають ендегейні форми (62%), значно менше епігейних (38%). Норники представлені тільки хребетним тваринам часничницею звичайною, яка була встановлена за допомогою альтернативного способу вилову.

У структурі трофоценоморф переважають оліготрофоценоморфи (60%), значно менше мезотрофоценоморфи (37%) і епізодично зустрічаються мегатрофоценоморфи (3%). Трофічна структура угруповання представлена фітофагами (52%) і зоофагами (48%). Сапрофаги в угрупуванні встановлені тільки за допомогою альтернативних способів збору.

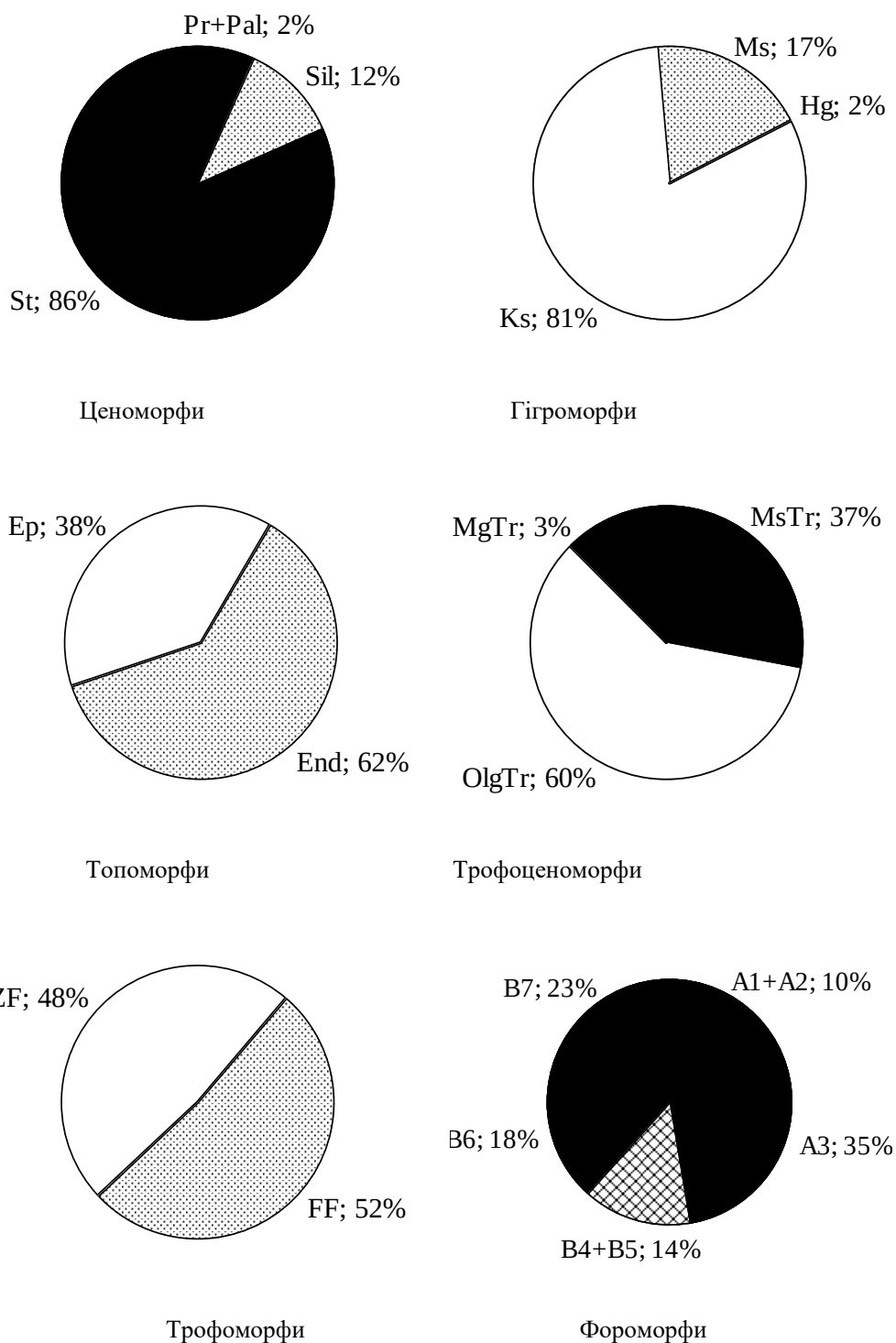


Рис. 3.3. Екоморфічна структура ґрунтової мезофауни: ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; гігроморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, Uhg – ультрагігрофіли; трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; топоморфи: End – ендегейні. Ер – епігейні, Апес – норники; фоморфи: А – переміщення за допомогою існуючої шпаруватості ґрунту; В – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менші тріщин у ґрунті; 2 – розміри тіла співрозмірні з тріщинами; 3 – розміри тіла більші порожнин у підстильці або співрозмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщини тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги

Переважаючими форморфами є різні варіанти активних прокладачів ходів – В7 (С-подібна форма тіла), В6 (риють нори за допомогою кінцівок), В4+В5 (переміщуються зі зміною або без зміни товщини тіла). Але найбільшу роль в угрупованні відіграють форморфи А3 (переміщення за допомогою існуючої тріщинуватості ґрунту, розміри тіла більші порожнин у підстилці або співставні з великими щілинами або тріщинами у ґрунті).

Едафічні характеристики можуть розглядатися як детермінанти екологічного простору угруповання мезопедобіонтів (Додаток 1). Встановлено, що 90,02% загальної варіації (загальної інерції) описують перші чотири осі RLQ (57,03, 16,67, 9,97 і 6,35% відповідно). Процедура *randtest* підтвердила значущість результатів RLQ-аналізу на p -рівні 0,001. Аналіз наведених у таблиці даних свідчить про важливу роль ґрунтових умов і структури рослинності як маркерів умов проживання ґрунтової мезофауни.

RLQ-ось 1 відображає роль твердості ґрунту як фактора структурування екологічного простору мезопедобіонтів від глибини 5-10 см аж до максимальної вимірної глибини – 100 см. Найбільшою кореляцією з віссю RLQ 1 характеризується твердість на глибині 35-40 см. Ця ось пов'язана динамікою температурного режиму, вологістю і щільністю ґрунту. Позитивні значення осі пов'язані зі збільшенням фракції піску середнього, а негативні – зі збільшенням фракцій піску дрібного і рослинних коренів. Найбільш інформаційно важливим маркером RLQ-осі 1 є фітоіндикаційна шкала кислотності ґрунту, а також частка в рослинному угрупованні псамофітів і сільвантів.

RLQ-ось 2 обумовлена температурним режимом і залежить від варіювання вмісту коренів у ґрунті. Важливим аспектом варіювання екологічних властивостей едафотопу, пов'язаного з RLQ-віссю 2, є його вологість і режим змінності даної властивості. Трофоморфи і гігромофи О. Л. Бельграда також чутливі до цієї осі.

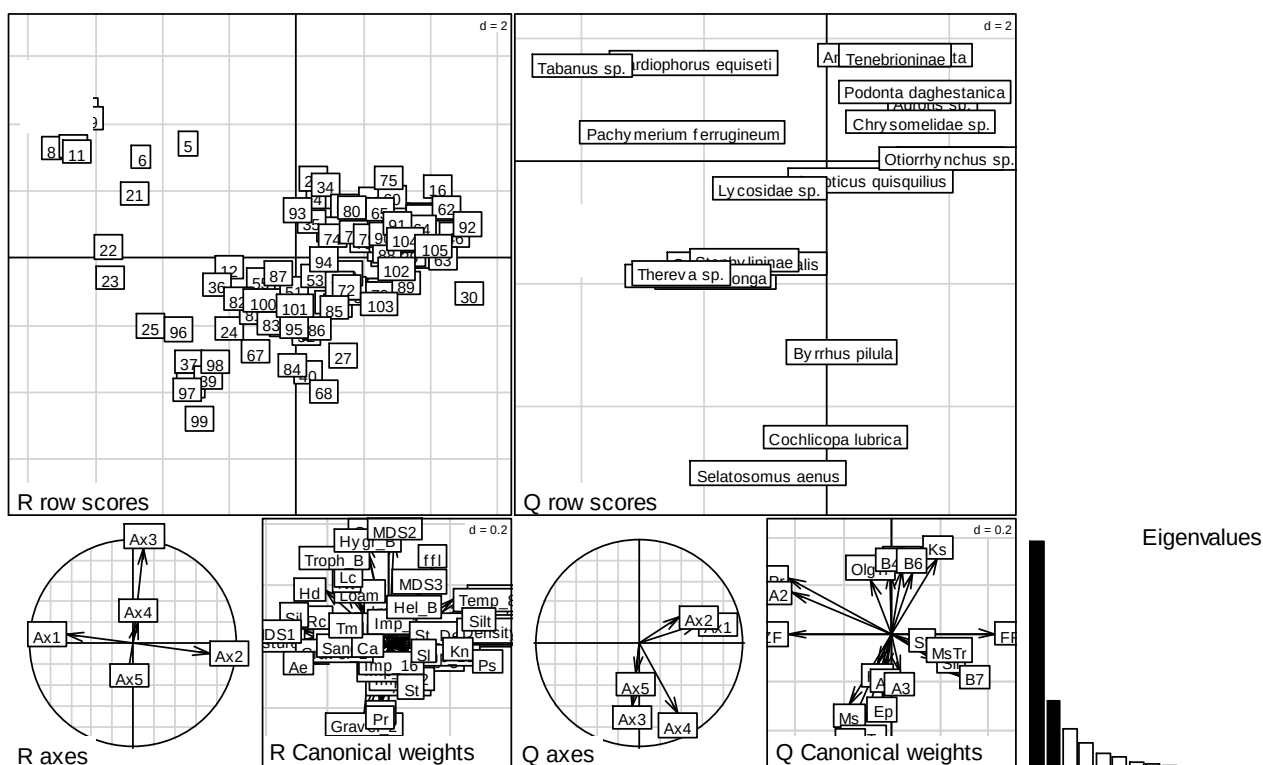


Рис. 3.4. Ось абсцис – RLQ-ось 1, ось ординат – RLQ-ось 2; А – ваги точок відбору проб (R-матриця) по RLQ-осях; В – ваги видів (Q-матриця) по RLQ-осях; С – кореляція головних компонент 1 і 2, отриманих на основі факторного аналізу змінних середовища і RLQ-осей; D – кореляція змінних середовища і RLQ-осей; Е – кореляція головних компонент 1 і 2, отриманих на основі факторного аналізу екоморф і RLQ-осей; F – кореляція екоморф і RLQ-осей; G – гістограма власних чисел.

Відзначено тенденцію збільшення коефіцієнтів кореляції RLQ-ось 3 і показників твердості ґрунту з глибиною. Необхідно відзначити роль температури ґрунту в ідентифікації RLQ-осі 3. Роль рослинності у формуванні RLQ-осі 3, очевидно, другорядна.

RLQ-ось 4 відображає протилежну динаміку твердості ґрунту у верхніх шарах (переважно 0-5 см), з одного боку, і в більш глибоких (починаючи з 20-25 см аж до 100 см) – з іншого. Ця ось також чутлива до температури, вологості і щільності ґрунту. Фітоіндикаційними маркерами цієї осі є шкали кальцію і загальної мінералізації. Також ось чутлива до співвідношення псамофітів і сільвантів.

RLQ-осі можуть використовуватися для класифікації видів ґрунтової мезофауни (рис. 3.5). Слід зазначити, що RLQ-осі координують угруповання з

урахуванням взаємозв'язку ґрунтових тварин з факторами середовища і їх екоморфічними особливостями.

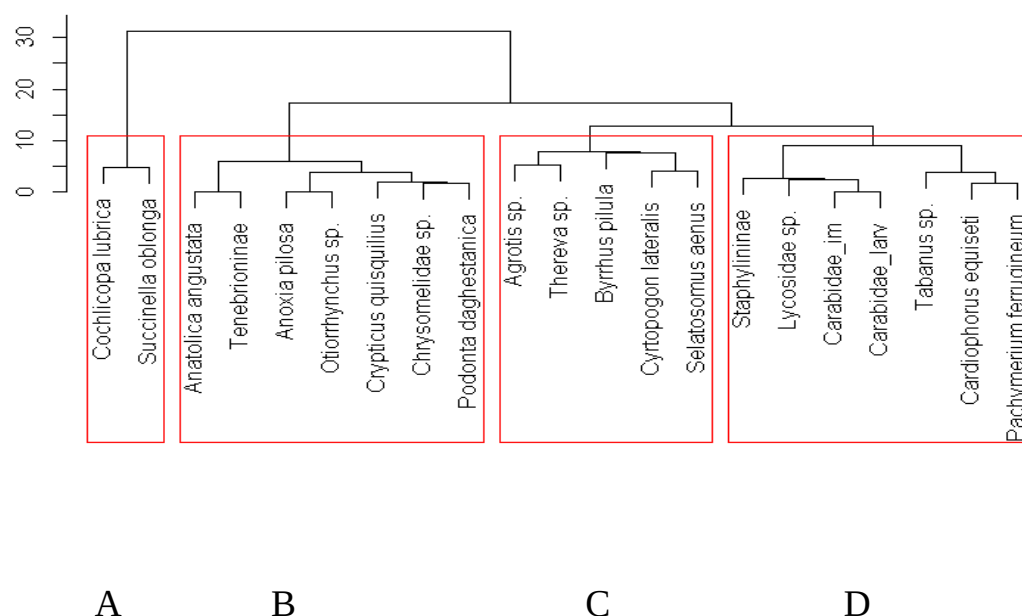


Рис. 3.5. Кластерний аналіз структури тваринного населення мезопедобіонтів (метод Варда, евклідова дистанція). А, В, С, D – функціональні групи.

Ми зупинилися на рішенні, яке включає 4 кластери ґрунтових безхребетних, які позначили як функціональні групи А, В, С, D. Розташування кластерів у просторі RLQ-вісей показано на рисунку 3.6. Поряд з інтерпретацією RLQ-вісей у термінах R-таблиці (ознаки середовища) ці осі можна інтерпретувати в термінах Q-таблиці.

Крайні положення в діапазоні мінливості RLQ-осі 1 займають кластери В і С. Кластер В представлений переважно личинками чорнотілок, пігулочників та жуків-слоників. Представники цього кластеру віддають перевагу твердим ґрунтам з більш високими температурами і високою варіабельністю температурного режиму. Представники кластеру В займають позиції, де домінують псамофіти. Ключовою екологічною особливістю кластеру В представленість фітофагів його представників, як і те, що характерними є види, що відносяться переважно до форморфи В7 – активні прокладачі ходів з 3-подібною формою тіла, яка є найважливішою адаптацією для існування в умовах щільного і сухого субстрату [18].

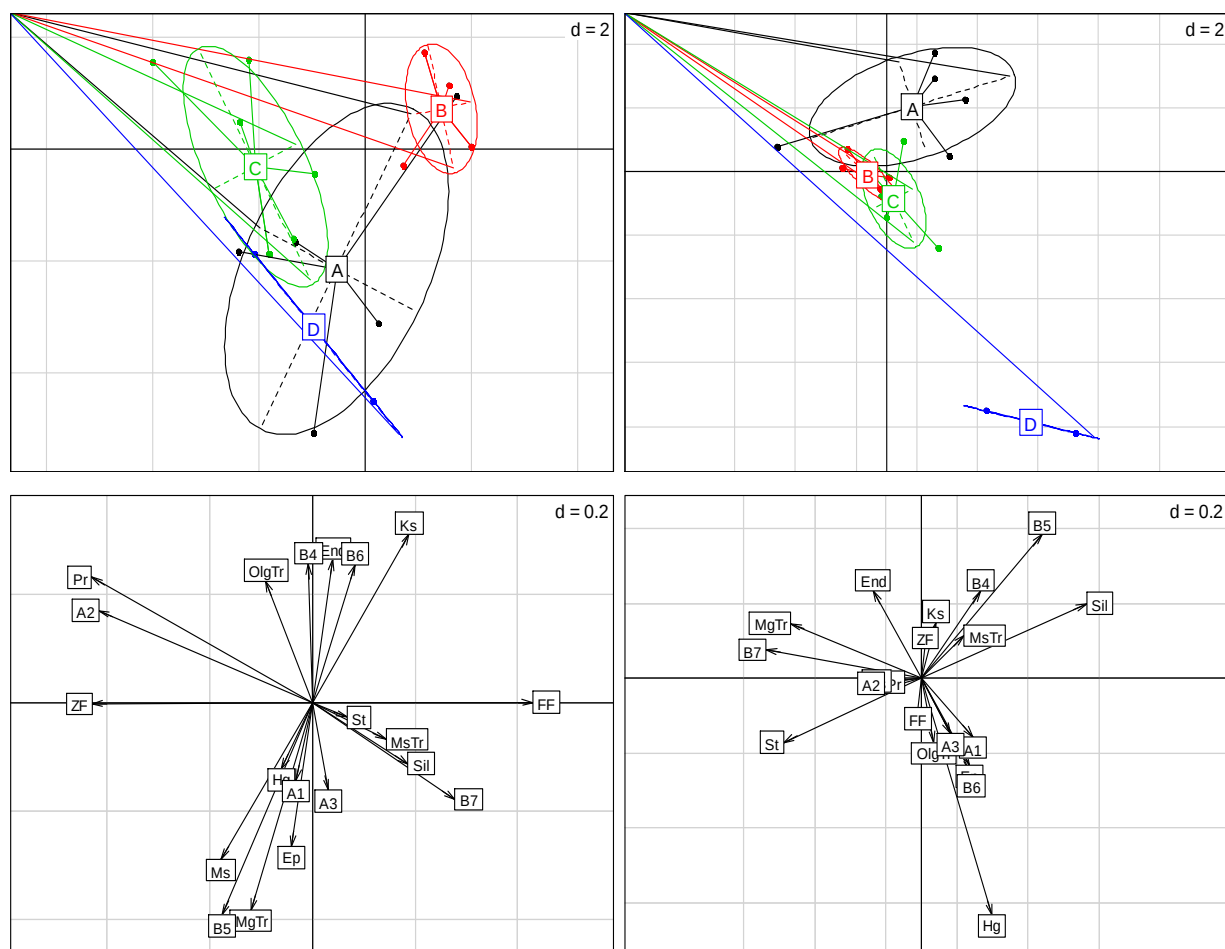


Рис 3.6. Розташування функціональних груп мезопедобіонтів у просторі RLQ-осей (верх) і екоморфічні маркери RLQ-осей (низ). Зліва – осі 1 і 2, праворуч – осі 3 і 4. Позначення кластерів – рис. 3.5.

Кластер С представлений імаго стафілінід, жужелиць, личинками турунів, павуками, личинками табанід, губоногими багатоніжками і личинками жуків-коваликів. Загальною екологічною особливістю цієї групи є хижацтво, та відношення цих тварин до пратантів та до форморфи A2 – переміщуються за допомогою існуючої тріщинуватості ґрунту при розмірах тіла, сумірних з тріщинуватістю. Представники кластеру С тяжіють до більш вологих сайтів з менш твердими ґрунтами.

Кластери С і В роз'єднані RLQ-віссю 1, але займають позитивний полюс RLQ-осі 2 і протиставляються кластерами А і D. Екологічна область представників класу А досить обширна, що свідчить про екологічну пластичність видів, які цей кластер складають. Екологічні особливості представників кластеру А пояснюються RLQ-

віссю 4, по якій цей кластер чітко відокремлений від інших. Кластер А представлений сільвантами, форморфами В4 і В5. Цей кластер природно пов'язаний із сайтами, де також переважають сільванти серед рослин.

Оцінка розташування по RLQ-осі 4 вказує на те, що екологічні особливості кластеру D складаються в більшості з гігрофілів і форморф В6.

Важливо відзначити, що в просторі RLQ-осі формують незалежні і специфічні патерни різного масштабного рівня. RLQ-ось 1 фактично ділить досліджуваний полігон на дві пропорційні області. Одна область, що представлена псаммофітною рослинністю, формує підніжжя дюнних горбкуватостей, на вершині яких розміщені чорнокленові кущі. Генезис диференціації екологічних умов, обумовлених RLQ-віссю 1, очевидно, має геоморфологічну природу.

RLQ-ось 2 також ділить полігон на дві відносно сумірні області, які не розрізняються за твердістю ґрунту, але розрізняються за температурним режимом. Можна припустити, що ми маємо справу з перманентним впливом лісової рослинності, під кронами якої спостерігається зниження варіабельності показників температури ґрунту. Ця гіпотеза повністю узгоджується з результатами фітоіндикації, які свідчать про зниження рівня освітленості в області знижених температур і зниження індексу зміни зволоження.

RLQ-ось 3 вказує на наявність локальних збурень екологічної обстановки, зумовлених зменшенням твердості ґрунту. Важливо відзначити, що на вказаний тренд мінливості екологічних властивостей ґрунтові тварини реагують, але ця ось не дозволяє чітко диференціювати окремі кластери ґрунтових тварин. Інакше кажучи, реакція угруповання мезопедобіонтів на характеристики, пов'язані з RLQ-віссю 3, є кількісними і не призводять до якісних перебудов у структурі угруповання.

Локалітети, сформовані внаслідок просторового варіювання RLQ-вісей (рис. 3.7), утворюють конфігурацію, яку можна охарактеризувати як мозаїку.

багатовимірних вимірах, можуть бути інтерпретовані за допомогою фітоіндикаційних шкал. Властивості едафотопу знаходяться у взаємозв'язку зі структурою рослинного покриву. Це показано для таких ґрунтових властивостей, як твердість, щільність, вологість і температура ґрунту, а також агрегатна структура. Тест Мантеля підтвердив пріоритетну роль фітоіндикаційних шкал в інтерпретації структурних одиниць рослинного покриву.

Висновки до розділу 3

1. На території піщаного степу в межах дослідного полігону виявлено 56 видів судинних рослин. Фітоіндикаційне оцінювання дозволило встановити, що даний екотоп характеризується найбільшою мінливістю умов зволоження, широким діапазоном мінливості сольового режиму та найменшим рівнем азотного живлення серед досліджених біогеоценозів катени. У межах піщаного степу формуються умови, сприятливі для субмезотермів. Для даної території встановлені найменші показники за шкалою омброклімату.
2. У ґрунті дослідженого полігону було виявлено 40 видів ґрунтової мезофауни. Найчисленнішою групою є комахи, які становлять 79,01 % від сумарної чисельності угруповання. Серед комах найбільш різноманітною є родина чорнишів (*Tenebrionidae*), яка представлена 9 видами. У ценоморфічному відношенні найбільшу частку угруповання мезопедобіонтів становлять степанти, у гігроморфічному – ксерофіли.
3. В угрупованні ґрунтових тварин псамофітного степу віділені чотири функціональні групи мезопедобіонтів. Кластер А поєднує види, які найбільшою мірою тяжіють до ценоморфи сільвантів. Кластер В охоплює псамофілів та фітофагів і пов'язаний зі степовою рослинністю. Представники кластеру С чутливі до твердості ґрунту та віддають перевагу лучним умовам. Кластер D складається з мезопедобіонтів, що віддають перевагу вологим умовам існування.
4. Просторова організація угруповання мезопедобіонтів залежить від профільного розподілу твердості ґрунту, режиму вологості і азотного живлення едафотопу, коренасиченості ґрунту. Найголовнішим аспектом просторового

структурування угруповання є співвідношення лісової і піщано-степової компоненти у структурі дослідженого біогеоценозу. Функціональні групи мезопедобіонтів демонструють варіабельність просторового розміщення у залежності від рослинних і едафічних умов, що відображає крайовий ефект у зоні сильватизації в умовах піщаного степу.

РОЗДІЛ 4.

ЕКОМОРФІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ УГРУПОВАННЯ МЕЗОПЕДОБІОНТІВ НА ТЕРИТОРІЇ В'ЯЗО-ОСОКІРНИКА З РОЗХІДНИКОМ НА АРЕНІ Р. ДНІПРО

4.1. Просторова мінливість едафічних характеристик

У протилежній ділянці градієнта зволоження від полігону, що розташований на території піщаного степу, утворює експериментальний полігон на території в'язо-осокирника з розхідником. Він характеризується помірно-змінним ступенем зволоження та високим рівнем азотного живлення у межах катени. Для даної ділянки характерні найбільші показники омброклімату поряд із чорнокленовим дубняком з грястицею та болотом (це пояснюється тим, що на останній ділянці у деяких місцях розташований деревостій) [82].

Нами визначені значення едафічних характеристик, що представлені у додатку 2. Твердість ґрунту на ділянці, що досліджується, монотонно збільшується зі зростанням глибини. У верхньому ґрунтовому шарі твердість, у середньому, становить 0,99-1,07 МПа, а в нижньому – 3,82-4,15 МПа. Середня твердість ґрунту в межах досліджуваного полігону в період досліджень, починаючи з ґрунтових шарів 65-70 см, перевищують критичні значення для зростання кореневих систем рослин (3-3,5 МПа) [73]. Це дозволяє припустити, що в межах кореневого шару ґрунту сформовані прийнятні умови за критерієм твердості для зростання трав'янистих рослин. Температура ґрунту варіює від 6,6°C до 8,8°C, у середньому, складає $7,35 \pm 0,05^\circ\text{C}$.

Середня щільність ґрунту складає $1,19 \pm 0,02 \text{ г/см}^3$, що не перевищує оптимальний показник для нормальної життєдіяльності для коренів рослин. Вологість ґрунту варіює від 0,07 % до 19,38 %, що формує велику амплітуду значень показника. У середньому вологість ґрунту складає $6,08 \pm 0,43\%$.

Електропровідність ґрунту, в середньому, становить 0,30 См / см, що не перевищує рівень негативного впливу на рослинність високих концентрацій електролітів – 1,5-2,0 ДСМ /м. Агрегатна структура верхнього ґрунтового шару

представлена переважно мезоагрегатами (80,79-90,58%), що свідчить про високу структурованість. У додатку 2 відображені карти просторової варіабельності едафічних характеристик. Нами встановлені середні значення вимірів твердості ґрунту на дослідженій ділянці та геостатистичні показники (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1

Геостатистичні параметри твердості ґрунту на території в'язо-осокірника

Шар, См	C ₀ (наггет) *10 ⁻²	C ₁ (частковий поріг)	C ₀ + C ₁ (поріг)	SDL, %	Радіус впливу, м
0-5	0,005	0,035	0,040	11,392	5,200
5-10	0,006	0,045	0,051	11,765	5,600
10-15	0,009	0,081	0,090	10,028	5,900
15-20	0,012	0,111	0,123	9,756	6,200
20-25	0,014	0,150	0,164	8,537	6,300
25-30	0,017	0,170	0,187	9,091	6,500
30-35	0,014	0,140	0,154	9,091	6,700
35-40	0,017	0,160	0,177	9,605	6,800
40-45	0,010	0,240	0,250	4,000	7,100
45-50	0,013	0,260	0,273	4,762	7,400
50-55	0,016	0,270	0,286	5,594	7,600
55-60	0,035	0,400	0,435	8,046	7,600
60-65	0,037	0,520	0,557	6,643	7,900
65-70	0,040	0,560	0,600	6,667	8,100
70-75	0,045	0,590	0,635	7,087	8,400
75-80	0,048	0,610	0,658	7,295	8,500
80-85	0,055	0,670	0,725	7,586	8,500
85-90	0,061	0,750	0,811	7,522	8,100
90-95	0,063	0,650	0,713	8,836	8,300
95-100	0,067	0,580	0,647	10,355	8,600

На підставі розрахованих варіограм були побудовані карти просторової мінливості твердості ґрунту (додаток 2). На картах мінливості твердості на ділянці, що досліджувалася, показана пошарова варіабельність даної ознаки. Визначено, що області з менш твердими ділянками розташовані на глибині від 0-5 см до 40-45 см. Потім, починаючи з глибини 45-50 см, ділянки з підвищеною твердістю (від 2,85 МПа) формують локалітети у східній частині полігону. Зі збільшенням глибини ці зони займають все більш значні ділянки. Таким чином, зі збільшенням глибини зони з підвищеною твердістю спостерігається градієнт поширення від східної частини полігону до західної, також частково до північної і південної частин.

Для опису просторової мінливості твердості ґрунту використано параметри варіаграми сферичної моделі. Встановлено, що значення наггет-ефекту варіює від 0,005 на глибині 0-5 см до 0,067 на глибині 95-100 см. З глибини 0-5 см до 35-40 см спостерігається поступове збільшення показника, потім коливання значень від 0,010 на глибині 40-45 см до 0,016 на глибині 50-55 см. Починаючи з глибини 55-60 см, спостерігається різкий стрибок значень наггет-ефекту до 0,035 з монотонним збільшенням з глибиною. Коливання значень наггет-ефекту на глибині 40-55 см з різким стрибком говорить про підвищення просторової мінливості твердості в даному шарі ґрунту.

Поріг зміни значень показника монотонно збільшується з глибиною до шару 50-55 см. Потім відбувається різкий стрибок значень від 0,286 до 0,435 з подальшим збільшенням до 0,811 на глибині 85-90 см. З глибини 85-90 см до 95-10 см спостерігається зниження даного показника до 0,647.

Стрибок значень збігається зі стрибком значень показника наггет-ефекту, що свідчить про підвищення гетерогенності твердості ґрунту на даній ділянці. Радіус впливу поступово збільшується з глибиною від 5,2 м у шарі ґрунту 0-5 см до 8,6 м у шарі 95-100 см.

Показник SDL коливається з глибиною від 11,392 (0-5 см) до 10,355 (95-100 см). На глибині 40-45 см показник приймає мінімальне значення (4,0), потім поступово збільшується. Даний мінімальний пік свідчить про високий ступінь залежності між точками в просторі на дослідженій ділянці на якій спостерігається високий рівень просторової залежності. Таким чином, на глибині 40-50 см спостерігається найбільша просторова взаємозалежність між просторовими точками на даному полігоні.

4.2. Екоморфічна структура рослинності

Встановлено, що загальний список виявлених судинних рослин у межах вивченого полігону становить 36 видів. У ценоморфічному відношенні біоценоз можна охарактеризувати як лісовий моноценоз. Серед однорічних гемікриптофітів рудеранти складають 76,92% проективного покриття. Рудеральний компонент

розташований локально поблизу кордону угруповання, який знаходиться в східній частині полігону біля лісової дороги. У структурі гігоморф у деревному ярусі переважають мезоксерофіти (65,82% від проектного покриття цього ярусу), дещо менше мезофітів (33,66%). У чагарниковому ярусі переважають мезофіти (74,57%). У травостой практично в рівній мірі представлені ксеромезофіти (45,77%) і мезофіти (36,95%). Деревний ярус представлений мезотрофами (28,24%) і мегатрофами (68,16%). Серед чагарників переважають оліготрофи (70,73%), а також представлені мезотрофи (28,02%). У трав'янистому ярусі серед гемікриптофітів переважають мезотрофи (85,22%), а серед терофітів і геофітів – мегатрофи (77,38%). Структура геліоморф досить однорідна по ярусах рослинності. Переважають сціогеоліофіти – 87,34%. Отримані результати [Ошибка! Источник ссылки не найден.] дозволяють дати типологічну характеристику за О. Л. Бельгардом (1950) рослинного угруповання, в межах якого розташований експериментальний полігон. Даний є дубняком зі свіжим різнотрав'ям С2 з напівосвітленою світловою структурою.

4.3. Екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів в'язо-осокирника

У ґрунті досліджуваного полігону виявлено 45 видів ґрунтових тварин. Щільність ґрунтової мезофауни вивченого полігону становить 305,37 екз./м² [40, 42, 40]. Домінуючою групою є кільчасті черви, які, в середньому, в період дослідження склали 62,53% від сумарної чисельності угруповання. Ця таксономічна група представлена двома родами – Enchytraeidae і Lumbricidae. Щільність населення енхітрид становить $92,50 \pm 6,39$ екз./м². Дощові черв'яки представлені 6 видами. Переважним видом дощових черв'яків є *Aporrectodea caliginosa trapezoides* з чисельністю $43,73 \pm 3,94$ екз./м² [83].

Дощові черв'яки *Aporrectodea rosea rosea* і *Octodrilus transpadanus* характеризуються дещо меншою чисельністю – $24,69 \pm 3,52$ і $22,86 \pm 2,73$ екз./м² відповідно. Слід зазначити, що домінант *Aporrectodea caliginosa trapezoides* і субдомінант *Aporrectodea rosea rosea* відносяться до екологічної групи власне ґрунтових (ендогейних) тварин, у той час, як *Octodrilus transpadanus* є норником. У

свою чергу, підстилкові гігрофільні і ультрагігрофільні дощові черв'яки *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus* і *Eiseniella tetraedra tetraedra* зустрічаються з дуже низькою щільністю населення – $3,96 \pm 0,95$, $0,76 \pm 0,65$ і $0,15 \pm 0,15$ екз./м² відповідно.

Членистоногі складають істотну частину комплексу мезопедобіонтів за чисельністю (35,39%) і за видовим багатством (69,57%). Личинки двокрилих численні і різноманітні в угрупованні дубняка зі свіжим різнотрав'ям. Вони представлені 6 родинami, серед яких чисельність личинок Therevidae досягає $20,72 \pm 2,00$ екз./м². Високий рівень чисельності личинок *Athous haemorrhoidalis* виводить на перше місце серед жуків родини щелкунів (Elateridae). Численні павуки, проте до видового рівня ця група не була визначена. Власне ґрунтові геофіломорфні багатоніжки переважають за чисельністю над підстилковими літобіоморфними. Найбільш типовою землянкою є *Geophilus proximus* з чисельністю $12,80 \pm 1,62$ екз./м².

Чисельність кістянок *Monotarsobius curtipes* становить $7,62 \pm 1,11$ екз./м². Одиначно зустрічаються ківсяки *Brachyiulus jawlowskii*. Чисельність сапротрофних мокриць *Trachelipus rathkii* становить $4,42 \pm 0,69$ екз./м². Молюски представлені 6 видами, серед яких немає чітких лідерів за чисельністю. В цілому, молюски представлені або дрібними формами, як, наприклад, мікромолюск *Vallonia pulchella*, або такими, в яких тонка мушля (*Vitrina pellucida*).

Екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів представлена на рис. 2. В угрупованні за чисельністю домінують пратанти (70,6%). Гігроморфи представлені мезофілами (47,1%) і ультрагігрофілами (34,3%). У топоморфічній структурі переважають ендегейні форми, дещо менше епігейних і норників. Важливо відзначити саме топоморфу норників, яка представлена великими дощовими хробаками *Octodrilus transpadanus*. Відповідно до правила М. С. Гілярова [16, 45], між розмірами тварин та їх чисельністю існує зворотна кореляція.

Порівняння з даними по інших лісових угрупованнях в степу України [45] дозволяє вважати, що оскільки 12,6% в структурі тваринного населення складають норники, то у даному місцезнаходженні для цієї екологічної групи складаються

оптимальні умови. Це особливо важливо, враховуючи той факт, що норники чутливі до цілісності ґрунтового покриву на всьому протязі ґрунтової товщі від підстилки до глибоких мінеральних горизонтів.

У структурі трофоценоморф переважають мезотрофоценоморфи. Серед трофоморф переважають сапрофаги, хижаків дещо менше. Фітофаги представлені одинично. Переважаючими форморморфами є В4 (активне переміщення зі зміною товщини тіла) і А1 (переміщення з використанням існуючої шпаруватості ґрунту, коли розміри тіла менше тріщин). Дещо менше А2 і А3 (розміри тіла зіставні або більше тріщин і порожнин у ґрунті або підстилці). В цілому, форморморфічну структуру можна визнати як вирівняну, так як у ній немає чітко виділеної переважної форми. Це свідчить про можливість переміщення ґрунтових тварин як у підстилковому блоці, так і в структурованому ґрунті.

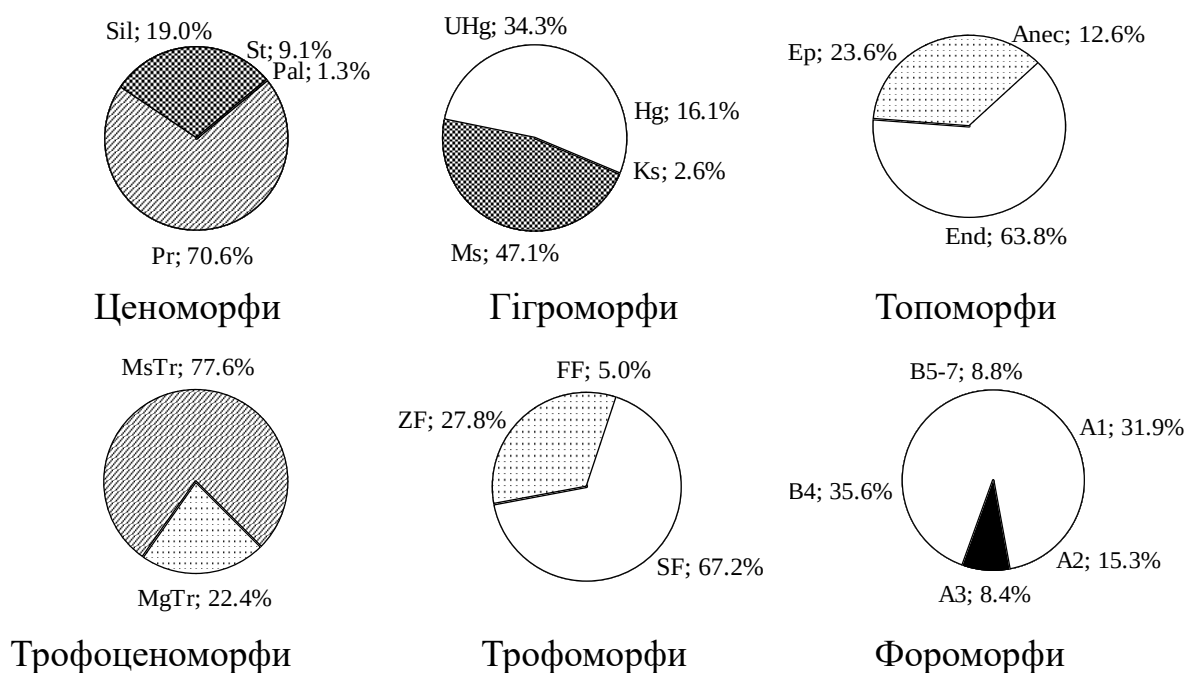


Рис. 4.2. Екоморфічна структура ґрунтової мезофауни: ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; гігморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, Uhg – ультрагігрофіли; трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmGTr – ультрамегатрофоценоморфи; топоморфи: End – ендегейні, Ep – епігейні, Anec – норники; форморморфи: А – переміщення за допомогою існуючої шпаруватості ґрунту; В – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менші за тріщини в ґрунті; 2 – розміри тіла співрозмірні з тріщинами; 3 – розміри тіла більші за порожнини у підстилці або співрозмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщини тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги

Встановлено, що 85,40% загальної варіації (загальною інерцією) описують перші три осі RLQ (55,92, 21,83 і 7,65% відповідно). Процедура *randtest* підтвердила значущість результатів RLQ-аналізу на p -рівні 0,001 (рис. 4.3.).

RLQ-ось 1 відображає наростання значень твёрдості ґрунту як фактора структурування екологічного простору мезопедобіонтів від глибини 40-45 см аж до максимально вимірюваної глибини – 100 см. Ця ось пов'язана з різноспрямованою динамікою мінливості агрегатних фракцій – 2-3 мм з одного боку і <0,25 і 0,25-0,5 мм – з іншого. Фітоіндикаційні шкали Циганова вказують на переважне варіювання світлового режиму, пов'язаного з RLQ-віссю 1, а ценоморфи Бельгарда свідчать про те, що даний фактор – це тренд сільватизації. Сукупність даних дозволяє ідентифікувати RLQ-ось 1 як крайовий ефект. RLQ-ось 2 вказує на два максимуми кореляції твёрдості ґрунту і екоморфічної структури ґрунтової мезофауни – в діапазоні глибин 5-55 і 65-100 см.

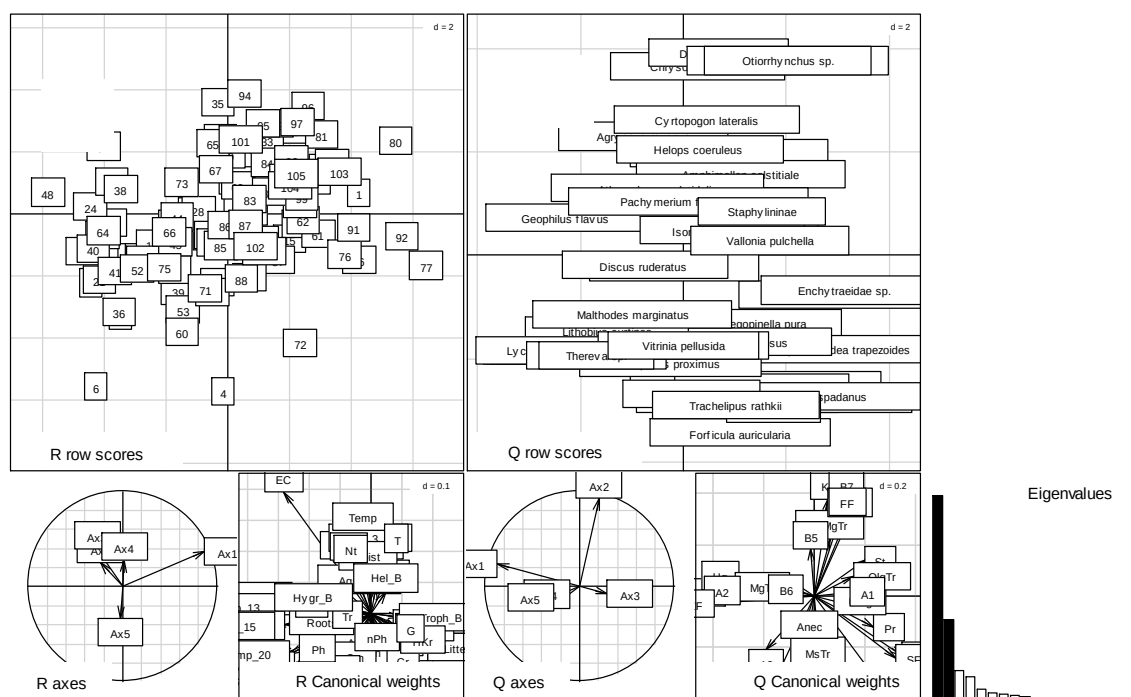


Рис. 4.3. Результати аналізу RLQ: ось абсцис – RLQ-ось 1, ось ординат – RLQ-ось 2; А – ваги точок відбору проб (R-матриця) по RLQ-осях; В – ваги видів (Q-матриця) по RLQ-осях; С – кореляція головних компонент 1 і 2, отриманих на основі факторного аналізу перемінних серед RLQ-осей; D – кореляція змінних середовища і RLQ-осей; Е – кореляція головних компонент 1 і 2, отриманих на основі факторного аналізу екоморф і RLQ-осей; F – кореляція екоморф і RLQ-осей; G – гістограма власних чисел.

Причиною зазначеної кореляції може бути прямий або опосередкований вплив твердості на ґрунтових тварин. Тому ми вважаємо, що твердість ґрунту є інформаційно цінним маркером екологічного простору мезопедобіонтів.

В динаміці агрегатної структури, пов'язаної з RLQ-віссю 2, простежуються протилежні тренди мінливості фракцій 3-5 і 5-7 мм, з одного боку, і 0,25-0,5, 0,5-1 і 1-2 мм, з іншого. Фітоіндикаційні шкали вказують на те, що RLQ-осі 2 характеризується високими значеннями коефіцієнтів кореляції з індикаторами рівня вологості і азотного живлення едафотопу. У зв'язку з цим закономірним маркером RLQ-осі 2 виступає електропровідність ґрунту. Коефіцієнти кореляції з гігморфами підтверджують висновок про залежність даної осі від режиму вологості. Таким чином, RLQ-ось 2 – це варіювання екоморфічної структури мезопедобіонтів, ініційоване режимом вологості і азотного забезпечення едафотопу. RLQ-ось 3 відображає зворотну тенденцію мінливості твердості ґрунту на глибинах 0-15 см, з одного боку, і 20-50 см, з іншого. Зі збільшенням значень цієї осі зростає частка агрегатних фракцій розміром 1-3 мм, а частка фракцій розміром <0,25-1 мм, навпаки, зменшується. Також слід відзначити високий рівень кореляції RLQ-осі 3 з часткою коренів у ґрунті, вологістю і щільністю ґрунту. Фітоіндикаційні шкали вказують на протилежний характер зв'язку мінерального живлення і вологості едафотопу з RLQ-віссю 3. Аналогічна закономірність чітко простежується і щодо трофоморф і гігморф рослин за О. Л. Бельгардом. Сукупність ознак не дозволяє дати ємну інтерпретацію RLQ-осі 3, що цілком закономірно (зі збільшенням порядку фактора, а RLQ-осі можна розглядати як багатовимірні фактори), їх соціальна значимість зменшується, а специфічність – збільшується. В цілому, за ознакою, яка найбільшою мірою корелює з RLQ-віссю 3, цю ось можна ідентифікувати як корененасиченність ґрунту. RLQ-осі можуть використовуватися для класифікації видів ґрунтової мезофауни (рис. 4.4.).

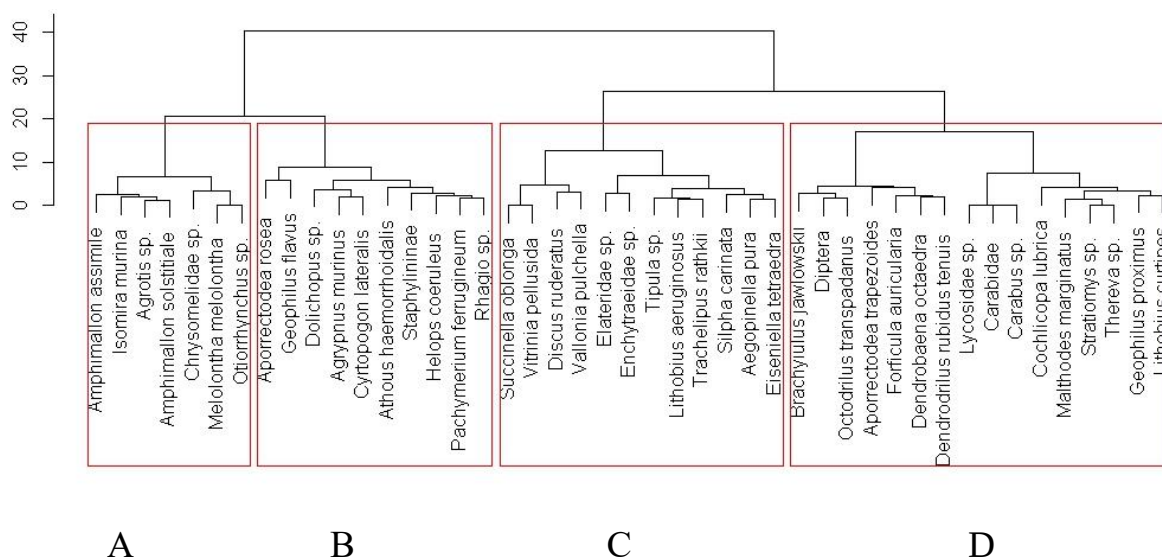


Рис. 4.4. Кластерний аналіз структури тваринного населення мезопедобіонтів

Ми зупинилися на рішенні, що включає 4 кластери ґрунтових безхребетних, які позначили як функціональні групи А, В, С, D. Розташування кластерів у просторі RLQ-осей показано на рис. 4.5. Поряд з інтерпретацією RLQ-осей у термінах R-таблиці (ознаки середовища) ці осі можна інтерпретувати в термінах Q-таблиці.

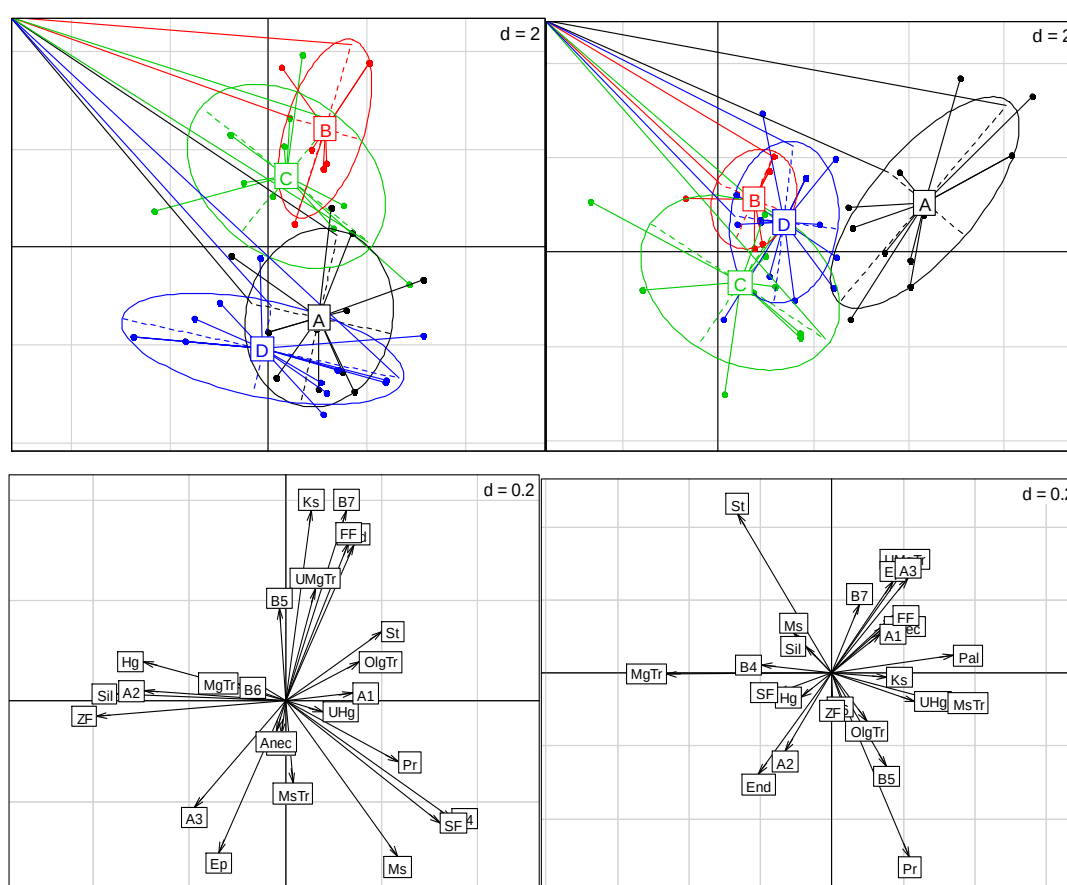


Рис. 4.5. Розташування функціональних груп мезопедобіонтів у просторі RLQ-осей і екоморфічних маркерів RLQ-осей: зліва – осі 1 і 2, праворуч – осі 3 і 4; позначення кластерів – див. рис. 4.4.

RLQ-осі 1 і 2 дозволяють чітко розділити функціональні групи А і D, з одного боку, В і С, з іншого боку. У свою чергу по RLQ-осі 3 можна відокремити функціональні групи А і С. Важливо відзначити, що RLQ-ось 1 (рис. 6, RLQ 1) описує суттєву частину варіювання рослинних і едафічних характеристик досліджуваної ділянки та виконує роль диференціювання для функціональної групи. Функціональні групи демонструють більшу або меншу варіабельність по цій осі (витягнутість еліпсів уздовж цієї осі), але по ній не розрізняються. Таким чином, тренд сільватизації або крайовий ефект (рис. 4.6, RLQ 1) тією чи іншою мірою зачіпає всі функціональні групи ґрунтових безхребетних. Функціональна група А відрізняється від усього комплексу ґрунтових безхребетних вивченого полігону тим, що віддає перевагу позитивним значенням RLQ-осі 3, яка, як вказувалося вище, найбільшою мірою маркується корененасиченістю ґрунту. Ця група об'єднує ультрагігрофільних мезотрофоценоморфних палюдантів. Локалітети, сприятливі для функціональної групи А, мають округло-овальну форму розміром 4-5 мм (рис. 4.6, RLQ 3). Ці локалітети концентруються переважно в східній частині полігону. Функціональна група D відрізняється найменшими значеннями RLQ-осі 2 і характеризується переважанням епігейних мезофілів і норників.

Функціональні групи В і С відрізняються більшою ультрамегатрофністю переважанням ксерофілів і фітофагів. Різниця між цими функціональними групами розкриває ось 4, яка вказує на більш високу представленість степантів серед групи В, а пратантів – серед С (рис.5.6). Степанти, як агенти степового зонального типу кругообігу речовин, виявляють себе тільки в термінах RLQ-осі 4, яка за значимістю поступається іншим брендам (RLQ-осі 1-3). Це ще раз підкреслює провідний крайовий вплив досліджуваного лісового угруповання, внаслідок чого на рівні мезопедобіонтів зональний вплив має істотно підлегле значення на фоні загальної лісової обстановки.

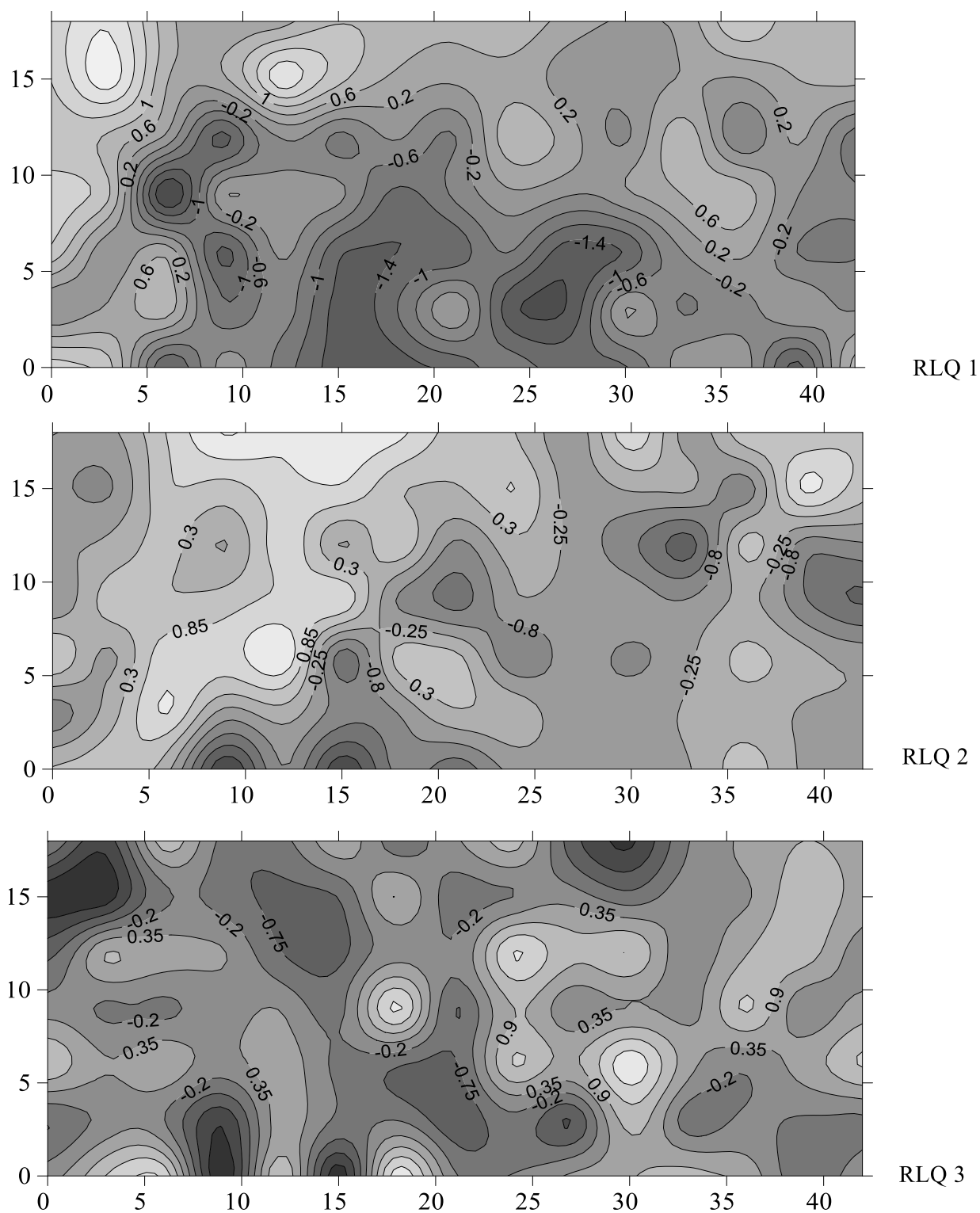


Рис. 4.6. Просторове варіювання RLQ – вісей: осі абсцис і ординат – локальні географічні координати, у метрах.

RLQ-ось 1 характеризується явищем крайового ефекту. Локуси з максимальними значеннями приходяться на частину полігону, де лісовий моноценоз переходить в узбіччя. RLQ-ось 2 відображає, по суті, ступінь вологості та трофності

біогеоценозу; локалітети з максимальними значеннями охоплюють нижню та праву частини даної території. На формування RLQ-осі 3 впливає багато факторів, найбільше з даною віссю корелює корененасиченість ґрунту. У географічному просторі RLQ-ось 3 відображена мозаїчною структурою; переважання локусів з більшим значенням важливо присвоїти окремій частині полігону.

Висновки до розділу 4

1. На території досліджуваного полігону виявлено 36 видів судинних рослин. Рослинність експериментальної ділянки можна характеризувати як таку, що належить до неморально/субсередземноморського клімату (в середньому, по угрупованню $T_m = 10,26$). Режим континентальності можна оцінити як материковий ($K_n = 9,64$). Через наявність гумідного клімату за даними фітоіндикації цю територію можна оцінити як сухолісолугову/вологолісолугову ($H_d = 12,07$). У ґрунті досліджувальної території виявлено 45 видів ґрунтових тварин. Домінуючою групою є кільчасті черви (62,53% від сумарної чисельності угруповання). За видовим багатством (69,57%) переважають членистоногі. Серед ценоморф мають перевагу пратанти (70,6%), а серед гігроморф – мезофіли.

2. Встановлено, що три RLQ-осі описують важливу роль ґрунтових умов у структурі рослинності як маркерів умов існування ґрунтової мезофауни. Сукупність даних дозволяє ідентифікувати RLQ-ось 1 як крайовий ефект. RLQ-ось 2 – це варіювання екоморфічної структури мезопедобіонтів, ініційоване режимом вологості і азотного живлення едафотопу. RLQ-ось 3 можна ідентифікувати як корененасиченість ґрунту.

3. Кластерний аналіз дозволив виділити чотири функціональних групи. Функціональна група А об'єднує ультрагігрофільних мезотрофоценоморфних палюдантів. Функціональна група В представлена степантами, а група С – пратантами. Функціональна група D характеризується переважанням епігейних мезофілів і норників.

РОЗДІЛ 5.

ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОФАУНИ ҐРУНТУ ЛУЧНОГО УГРУПОВАННЯ НА АРЕНІ Р. ДНІПРО

5.1. Просторова мінливість едафічних характеристик

Для полігону, що розташований на території луки, характерний середній рівень ступеня зволоженості серед інших ділянок катени, а також найбільший рівень кислотності та вмісту карбонатів у ґрунті [82]. Найвища чисельність представників рослинного покриву та високе видове різноманіття луки порівняно з іншими дослідженими територіями катени може свідчити про найбільш сприятливі умови для місця проживання ґрунтових тварин.

У ході дослідження встановлено, що значення твердості ґрунту на ділянці змінюються від 0,96 МПа на глибині 0-5 см до 4,59 МПа на глибині 95-100 см. Для цього показника на території луки характерне незначне збільшення значень на глибині 10-20 см (1,13 МПа), після чого твердість ґрунту приймає значення 0,97 МПа на глибині 20-25 см, поступово збільшуючись по профілю до 4,59 МПа. Оптимальна твердість ґрунту для коренів рослин – 3 МПа – закінчується у шарі ґрунту 55-60 см [73].

Температура ґрунту варіює від 12,7°C до 20,9°C, в середньому, складає $17,10 \pm 0,15^\circ\text{C}$. Середня щільність ґрунту – $0,90 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$, що не є оптимальною для нормальної життєдіяльності для коренів рослин. Вологість ґрунту варіює від 12,27 % до 51,92 %, що являє собою велику різницю значень показника. В середньому, вологість ґрунту складає $26,47 \pm 0,79\%$. Середнє значення електропровідності ґрунту становить 0,76 См / см, що не перевищує рівень негативного впливу на рослинність високих концентрацій електролітів. Агрегатна структура верхнього ґрунтового шару представлена переважно мезоагрегатами (80 %), що свідчить про високий ступінь структурованості.

В наших попередніх дослідженнях на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» [13] показано, що твердість ґрунту на ділянці псамофільного степу та чорнокленового дубняку грає важливу роль в організації

рослинного покриття та тваринного різноманіття. Нами встановлені середні значення вимірів твердості ґрунту на дослідженій ділянці (Додаток 3) та геостатистичні показники (табл. 5.1). На основі даних твердості ґрунту та розрахованих геостатистик побудована карта розподілу твердості по шарах на рисунку 5.1.

Аналізуючи ці карти, візуально встановлена наявність ділянок з більш твердими значеннями у правій частині на дослідженій території на глибині 0-10 см, що межує з ділянками з меншими значеннями твердості ґрунту. Починаючи з глибини 55-60 см, з'являються локалітети з підвищеною твердістю, що мають вигляд дуги та поступово набувають більшу масштабність. На глибині 95-100 см у центрі знаходиться ділянка округлої форми з меншою твердістю, ніж ті, що розташовані навколо. Таким чином, зі збільшенням глибини зони з підвищеною твердістю поширюються від дугообразної області за шарами ґрунту.

Для встановлення взаємозалежності між значеннями точок відбору проб використано параметри варіаграми сферичної моделі. Нагетт-ефект варіює від значення 0,006 на глибині 0-5 см до 0,170 см на глибині 95-100 см. Даний показник має поступовий характер збільшення від 0,006 (0-5 см) до 0,010 (25-30 см), після чого формується пік максимальних значень на глибині 70-75 см (0,320) з монотонним зменшенням до значення 0,17 на глибині 95-100 см. Пік максимальних значень, що спостерігається, може свідчити про високий ступінь варіабельності показника твердості ґрунту на даному шарі.

Показник поріг має діапазон мінливості від 0,07 на глибині 0-5 см до 0,41 на глибині 95-100 см. Локальний максимум (0,81) знаходиться на глибині 70-75 см, що співпадає з максимальним значенням нагетт-ефекту. Це підтверджує гіпотезу про наявність високої гетерогенності значень твердості ґрунту на даному шарі.

Радіус впливу змінюється від 6,9 м на глибині 0-5 см до 7,1 м на глибині 95-100 см. Для даного показника характерні коливання у верхніх шарах. Починаючи з глибини 30-35 см, радіус впливу має поступовий характер збільшення до значення 9,60 м на глибині 80-85 см, після чого зменшується до 7,1 м.

Показник SDL змінюється по шарах ґрунту зі значення 8,18% на глибині 0-15 см до 41,46% на глибині 95-100%. На глибині 0-30 см спостерігається

коливальний характер зміни показника, після чого SDL збільшується та приймає максимальне значення 43,18% на глибині 90-95 см, та на глибині 95-100 см становить 41,46%.

Таблиця 5.1

Геостатистичні параметри твердості ґрунту на території луки

Шар, см	C_0 (наггет)* 10^{-2}	C_1 , (частковий поріг)	$C_0 + C_1$, (поріг)	SDL, %	Радіус впливу, м
0-5	0,01	0,07	0,07	8,18	6,90
5-10	0,01	0,08	0,09	6,73	7,40
10-15	0,01	0,09	0,10	7,22	5,70
15-20	0,01	0,11	0,12	6,96	5,80
20-25	0,01	0,08	0,09	10,11	6,20
25-30	0,01	0,10	0,11	8,77	6,40
30-35	0,04	0,11	0,15	24,83	6,09
35-40	0,04	0,12	0,16	25,00	6,70
40-45	0,06	0,15	0,21	28,57	7,10
45-50	0,07	0,17	0,24	29,17	7,40
50-55	0,09	0,23	0,32	28,13	7,50
55-60	0,11	0,27	0,38	28,95	7,60
60-65	0,19	0,38	0,57	33,33	8,50
65-70	0,27	0,45	0,72	37,50	8,90
70-75	0,32	0,49	0,81	39,51	9,12
75-80	0,29	0,44	0,73	39,73	9,15
80-85	0,24	0,35	0,59	40,68	9,60
85-90	0,21	0,32	0,53	39,62	8,80
90-95	0,19	0,25	0,44	43,18	7,90
95-100	0,17	0,24	0,41	41,46	7,10

До глибини 55-60 см спостерігається висока просторова залежність (8,18% – 28,95%), після чого ступінь просторової залежності характеризується як середня (28,95% – 41,46%). Таким чином, до глибини 30-35 см спостерігається висока залежність між точками впливу, та, відповідно, високий показник гетерогенності твердості ґрунту. Локальний мінімальний пік значень SDL на даній глибині свідчить про підвищення просторової варіативності значень на цій ділянці.

5.2. Екоморфічна структура рослинного угруповання луки

На території луки виявлено 97 видів судинних рослин. Фанерофіти та нанофанерофіти представлені сільвантами (100%). Згідно з класифікацією екоморф за О. Л. Бельгардом, на дослідженій ділянці найбільш поширені степанти (34,07%)

та пратанти (30,01%). Найменшу кількість складають полюданти (5,67%). За показником трофності мезотрофоморфи складають найбільшу кількість – 68,64 %. За ступенем переваги вологості середовища найчисельніші мезофіти – 32,39 %.

У таблиці 6.2. наведені результати обчислення кореляції Спірмена з матрицями дистанцій між сайтами відбору проб, встановленими за видовою структурою рослинного угруповання і матрицями дистанцій, знайденими на основі факторів навколишнього середовища і фітоіндикаційних шкал.

Таблиця 5.2

Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена матриць заходів відмінності подібності між сайтами відбору проб по таксономичній матриці рослин і перемінних навколишнього середовища

Метрика	Спосіб трансформації даних						
	1	2	3	4	5	6	7
Евклідова	0.52	0.49	0.53	0.45	0.40	0.45	0.47
Манхеттенська	0.52	0.50	0.52	0.50	0.45	0.48	0.47
Гувера	0.45	0.48	0.50	0.47	0.45	0.45	0.42
Брея-Куртіса	0.49	0.50	0.51	0.50	0.49	0.50	0.50
Кульчинського	0.50	0.50	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50
Горна-Морісіта	0.48	0.50	0.50	-0.02	-0.32	0.20	-0.45
Біноміальна	0.47	0.49	0.50	0.47	0.48	0.49	0.47
Као	0.48	0.48	0.49	0.23	0.39	0.45	0.28
Жаккара	0.49	0.50	0.51	0.50	0.49	0.50	0.50
Маунфорда	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Раупа-Крика	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Канберра	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51
Чео	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.50	0.48

Умовні позначення: 1 – дані не трансформовані; 2 – логарифмовані дані; 3 – корінь квадратний; 4 – дані, нормовані до 1; 5 – перетворення Хеллінджера; 6 – χ^2 -трансформація; 7 – вісконсіанська трансформація.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що найбільшою кореляцією з факторами середовища характеризуються матриці на основі евклідової метрики і перетворення вилучення квадратного кореня. На рисунку 1 видно, що перегін відбувається у 4 точці, що підтверджується графіком диференціального стресу (рис. 5.1). Результати, представлені на графіку, свідчать про те, що після чотирьох обраних вимірювань і більше стрес збільшується дуже плавно. Це дозволило нам зупинитися на відображенні багатовимірної хмари даних у чотирьох вимірах.

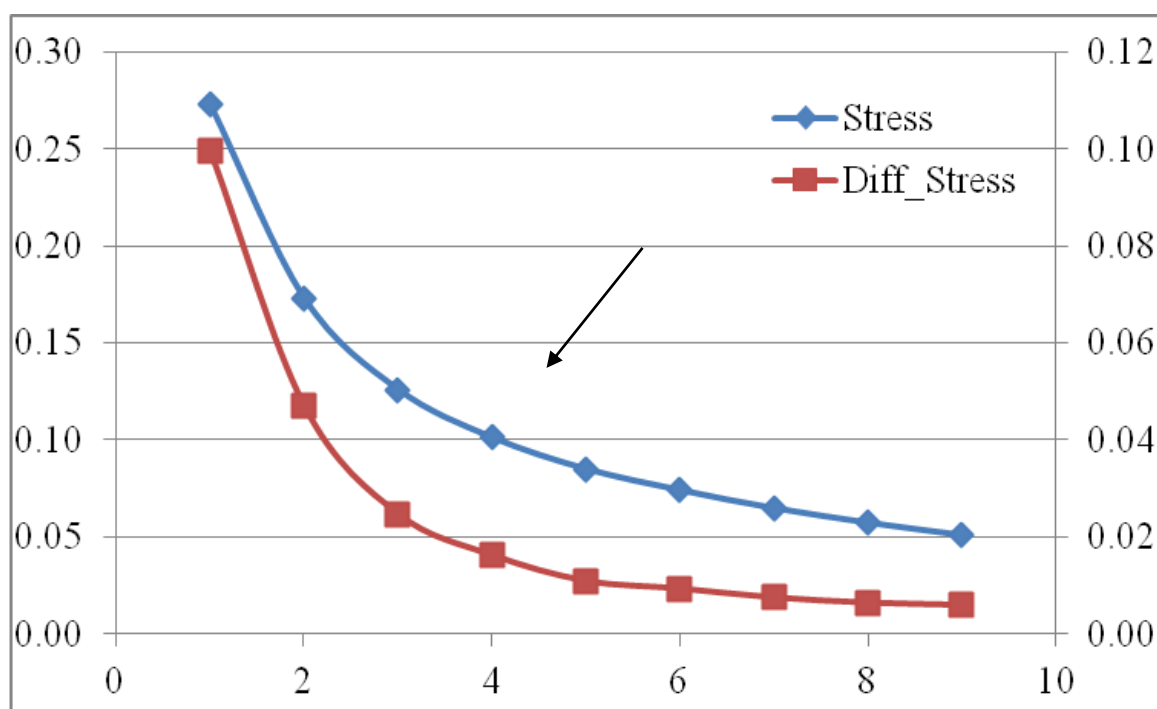


Рис. 5.1. Залежність стресу і диференціального стресу від числа вимірювань

Умовні позначення: ось абсцис – число вимірювань; ось ординат – стрес (Stress, зліва) та диференціальний стрес (Diff_Stress, праворуч). Стрілка вказує на зону різкого перегину диференціального стресу.

Аналіз коефіцієнтів кореляції показників середовища і значень вимірів є основою для інтерпретації цих вимірювань (Додаток 3). Аналіз багатовимірного шкалювання показав, що вимір 1 має найбільший позитивний зв'язок з твердістю ґрунту у верхніх шарах (від шару 0-5 см до 10-15 см). Починаючи з глибини 20 см, показник кореляції має негативне значення та тренд до поступового збільшення. Серед інших едафічних показників найбільший зв'язок спостерігається у вимірі 1 зі щільністю ґрунту та його температурою. Високе негативне значення кореляції даний вимір має з електропровідністю ґрунту та крупною фракцією піску.

Фітоіндикаційні шкали вказують на те, що вимір 1, виділений при багатовимірному шкалюванні, має негативний зв'язок із вмістом мінерального азоту та омброкліматом. Індокси, що засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда, говорять про те, що даний вимір чутливий до трофності досліджуваної ділянки та має негативний зв'язок з її зволоженістю. Високі позитивні значення кореляції даного виміру пов'язані з такими видами, як *Dianthus chinensis*, *Asparagus officinalis* і

Artemisia pontica. Негативні значення кореляції маркуються такими видами: *Lysimachia nummularia*, *Centaurea scabiosa* і *Ulmus laevis*.

Вимір 2 має найбільший позитивний зв'язок з твердістю ґрунту на глибині 40-65 см. Найбільший позитивний зв'язок даний вимір має з відсотковим вмістом коренів, температурою ґрунту та гравієм. Негативну частину складають щільність ґрунту та ґрунтові частки розміром 3 мм. Фітоіндикаційні шкали вказують на те, що вимір 2 має найбільш позитивну кореляцію із вмістом кальцію та найбільш негативну – зі зміною зволоження ценозу. Індекси, засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда, говорять про зв'язок вимірювання 2 зі ступенем зволоження. При таких умовах превалюють *Phragmites australis*, *Cichorium intybus* і *Potentilla anserina*. Екологічно протилежне угруповання формують *Pyrus communis*, *Centaurea scabiosa* і *Prunella vulgaris*.

Вимір 3 має найбільший позитивний зв'язок з твердістю ґрунту на глибині 20-50 см. З шару ґрунту 55-60 см відбувається монотонне збільшення показника негативної кореляції. Серед едафічних характеристик найбільший позитивний зв'язок з даним вимірюванням має температура верхнього шару ґрунту. Негативний зв'язок таких фітоіндикаційних шкал, як вологість ґрунту, має найвищі значення. Вимір 3 чутливий до континентальності клімату та кріоклімату. Позитивні значення виміру 3 відповідають перевазі присутності таких видів рослин, як *Convolvulus arvensis*, *Galium aparine* та *Hypericum perforatum*. Протилежне угруповання складають *Phragmites australis*, *Ulmus laevis* та *Vicia cracca*.

Вимір 4 має найбільші негативні значення кореляції на глибині 20-70 см. Температура ґрунту найбільш пов'язана з даним вимірюванням. Найнегативніше значення кореляції з виміром 4 має висота травостою. Даний вимір серед едафічних характеристик особливо чутливий до розташування фракції великого піску та відсоткового вмісту коренів.

Фітоіндикаційні шкали вказують на те, що вимір 4, виділений при багатовимірному шкалюванні, має найбільший негативний зв'язок з термокліматом, а позитивний – з мінливістю зволоження ценозу. Індекси, засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда, говорять про зв'язок виміру 4 із трофністю. При таких умовах

превалюють *Lysimachia nummularia*, *Galium mollugo* та *Galium verum subsp. Wirtgenii*. Екологічно протилежні угруповання формують *Convolvulus arvensis* та *Geum urbanum*.

Для оцінки ролі різних компонент у варіабельності організації рослинного угруповання були розраховані загальні і приватні тести Мантеля (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Кореляції матриць відстаней (тест Мантеля)

Матриці відстаней	Едафічні показники	Фітоіндикаційні шкали			Просторові координати
		Все	Кліматичні	Едафічні	
Тест Мантеля					
Рослине угруповання	$r = 0,26,$ $p = 0,001$	$r = 0,62,$ $p = 0,001$	$r = 0,37,$ $p = 0,001$	$r = 0,59,$ $p = 0,001$	$r = 0,04,$ $p = 0,120$
Приватний тест Мантеля, керуючі змінні					
Простір	$r = 0,26,$ $p = 0,001$	$r = 0,62,$ $p = 0,001$	$r = 0,36,$ $p = 0,001$	$r = 0,59,$ $p = 0,001$	–
Фітоіндикаційні шкали	$r = 0,17,$ $p = 0,004$	–	–	–	$r = 0,06,$ $p = 0,053$
Кліматичні шкали	$r = 0,22,$ $p = 0,002$	–	–	$r = 0,54,$ $p = 0,001$	$r = 0,03,$ $p = 0,195$
Едафічні шкали	$r = 0,19,$ $p = 0,003$	–	$r = 0,23,$ $p = 0,001$	–	$r = 0,06,$ $p = 0,039$
Едафічні показники	–	$r = 0,60,$ $p = 0,001$	$r = 0,34,$ $p = 0,001$	$r = 0,57,$ $p = 0,001$	$r = 0,04,$ $p = 0,124$

5.3. Екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів луки

У ґрунті досліджуваного полігону при ручному розбиранні проб було виявлено 47 видів ґрунтових тварин. Щільність ґрунтової мезофауни вивченого полігону становить $295,93 \pm 52,97$ екз./м². Характеристика таксономічного та екологічного різноманіття угруповання мезопедобіонтів досліджуваного полігону представлена у додатку 3.

Родина Lumbricidae характеризується чисельністю – $73,6 \pm 13,07$ екз./м², що складає 24,87 % від загальної кількості виявлених представників ґрунтової мезофауни. Родина Enchytraeidae представлена видом *Enchytraeus albidus* та має щільність $63,24 \pm$ екз./м², що складає 21,34 % від загальної кількості знайдених екземплярів представників мезопедобіонтів.

Ряд Araneae, що представлений видом *Pardosa lugubris*, становить 2,57% від загальної кількості знайдених ґрунтових організмів і має щільність $7,62 \pm 1,49$ екз./м². Ряд Geophilomorpha представлений на дослідженій ділянці двома видами – *Geophilus proximus* і *Pachymerium ferrugineum*, які становлять 7,57 % та 0,62 % відповідно від загальної кількості знайдених мезопедобіонтів та мають щільність $22,4 \pm 2,94$ екз./м² та $1,82 \pm 0,81$ екз./м². Ряд Lithobiomorpha представлений видом *Lithobius curtipes*, що становить 2,91 % від загальної кількості організмів, що складають угруповання ґрунтової мезофауни та мають щільність $11,58 \pm 2,15$ екз./м².

Найбагатшим за видовим складом є ряд твердокрилих, який представлений такими родинami: Byrrhidae, Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Dermestidae, Elateridae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Melolonthidae (знайдено у стадії личинки). Щільність трапляння становить $66,61 \pm 17,37$ екз./м² та у відсотковому відношенні до загальної кількості мезопедобіонтів складає 22,5 %.

Ряд Pulmonata є також різноманітною групою. На дослідженій ділянці виявлено 7 видів, які складають 6,74% та мають щільність $19,95 \pm 5,7$ екз./м². Ряд Dermaptera має щільність $1,52 \pm 0,64$ екз./м², що становить 0,51 % від загальної кількості виявлених організмів ґрунтової мезофауни. Ряд Lepidoptera також складається з одного виду на дослідженій ділянці – *Agrotis clavis* та має щільність $1,83 \pm 0,63$ екз./м², що у відсотковому відношенні до загальної кількості видів мезопедобіонтів складає 0,62 %. Ряд Isopoda має щільність $25,29 \pm 4,4$ екз./м² та складає 8,55 % від загальної кількості мезопедобіонтів. Ряд Julida має щільність $0,46 \pm 0,26$ екз./м² та у відсотковому співвідношенні складає 0,16 %.

На рисунку 5.2 представлена екоморфічна структура мезофауни ґрунту на дослідженій ділянці.

Встановлено, що в угрупованні за чисельністю домінують пратанти (60,74%). Степанти займають другу позицію за кількістю знайдених мезопедобіонтів (22,98%). Палюданти і сільванти разом складають 11,31% та 4,9% за чисельністю, відповідно. Серед гігроморф переважають мезофіли (55,30%). Гігрофіли та ксерофіли складають 27,53% та 13,94%, відповідно. Ультрагігрофіли складають 3,23%.

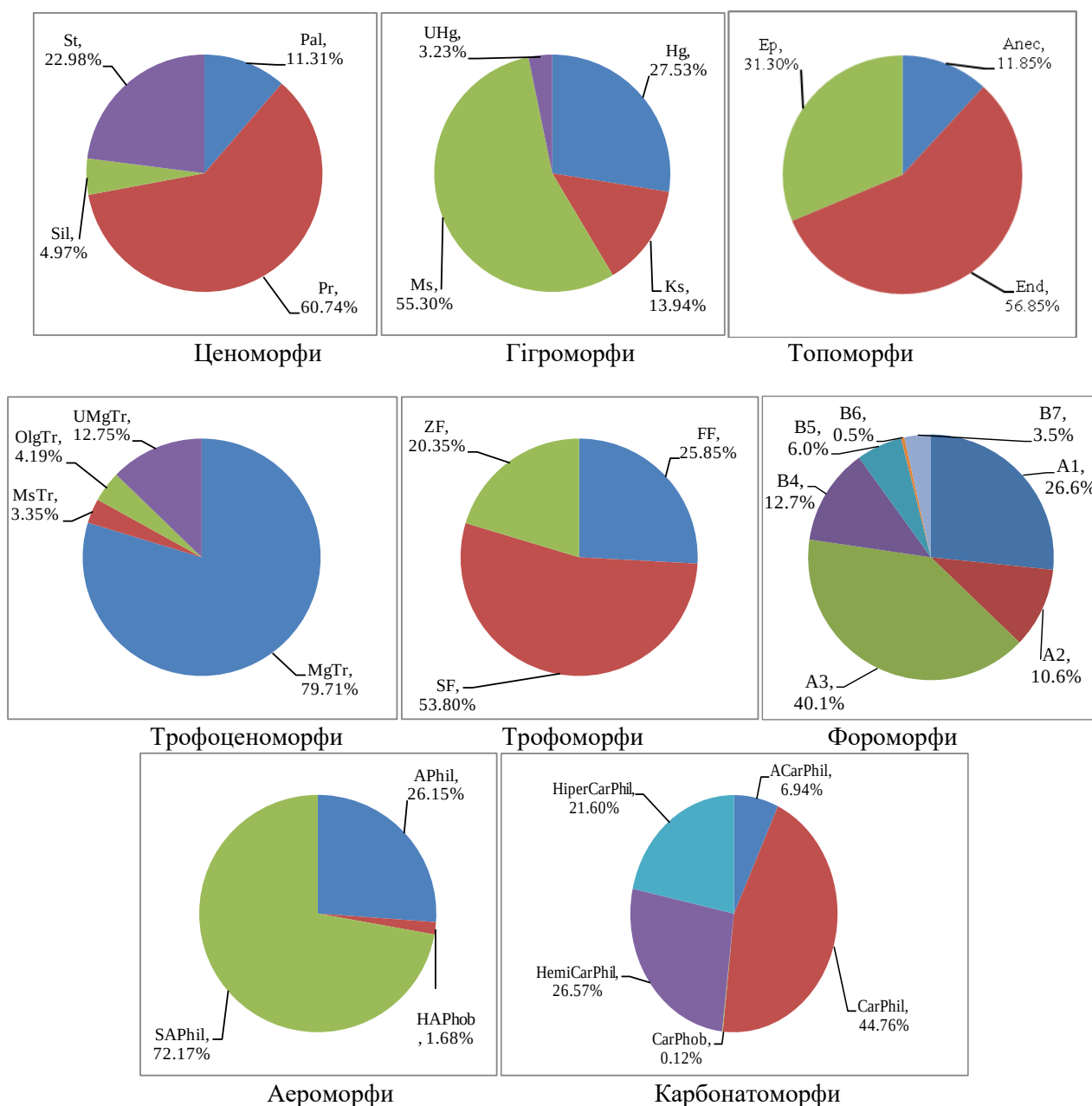


Рис. 5.2. Екоморфічна структура ґрунтової мезофауни: ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; гігроморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, UHg – ультрагігрофіли; трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; топоморфи: End – ендегейні. Ер – епігейні, Анес – норники; форморфи: А – переміщення за допомогою існуючої шпаруватості ґрунту; В – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менші за тріщини в ґрунті; 2 – розміри тіла співрозмірні з тріщинами; 3 – розміри тіла більші порожнин у підстилці або співрозмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщини тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; трофоморфи: SF – сапрофаги; F – фітофаги; ZF – зоофаги

У топоморфічній структурі переважають ендегейні форми (56,85%), значно менше епігейних (31,30%). Норники складають 11,85% та представлені видами *Octodrilus transpadanus* та *Geophilus proximus*.

У структурі трофоценоморф переважають мегатрофоценоморфи (79,71%). Ультратрофоценоморфи складають 12,75%. Оліготрофоценоморфи і мезотрофоценоморфи складають 4,19% та 3,35%, відповідно. Трофічна структура угруповання представлена сапрофагами (53,80%). Фітофаги та зоофаги складають 25,85% та 20,35%, відповідно. Переважаючими форморфами є екологічна група А3 тварини, в яких розміри тіла більші за порожнини у підстилці (40,1%). Серед аероморф переважають субаерофіли (72,17%), а серед карбонатоморф – карбонатофіли (44,76%).

Для оцінки ролі екоморф в описі просторової організації угруповань мезопедобіонтів як детермінантів екологічного простору використовувалися едафічні показники і значення фітоіндикаційних шкал, що встановлені в точках відбору ґрунтово-зоологічних проб (додаток 3). Результати RLQ-аналізу представлені на рисунку 5.3.

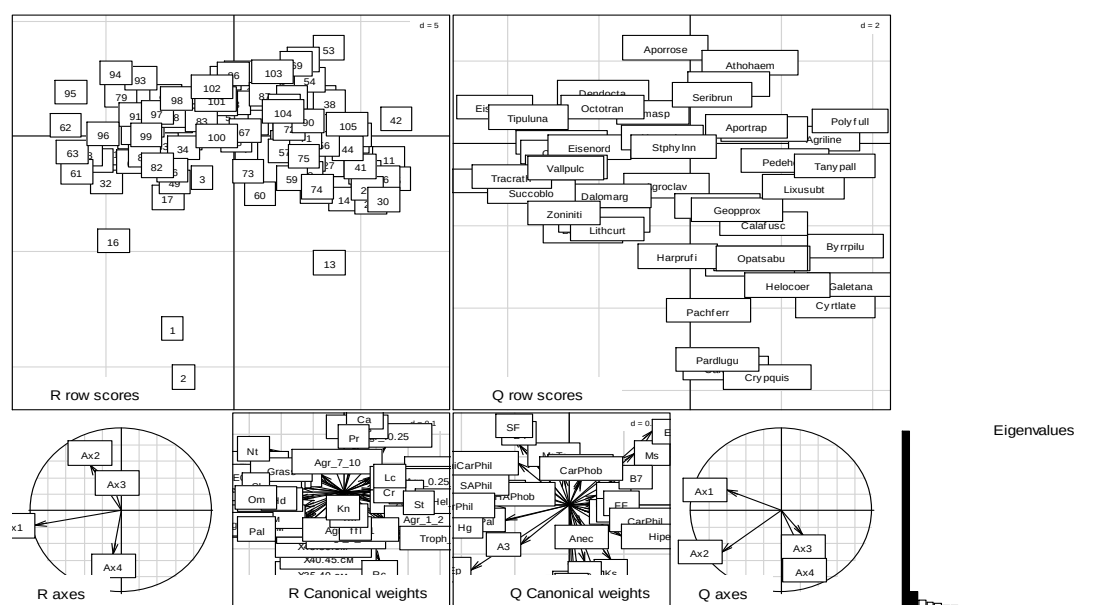


Рис. 5.3. Результати аналізу RLQ

Встановлено, що 89,86% загальної варіації (загальної інерції) описують перші чотири осі RLQ (66,43, 15,69, 4,62 і 3,11%, відповідно).

RLQ-ось 1 позитивно реагує на твердість ґрунту на глибині 0–15 см. Серед едафічних характеристик спостерігається найбільший взаємозв'язок даної осі зі щільністю ґрунту та його температурою. Частки ґрунту розміром 1-2 мм та 0,25-0,5 мм мають найбільший взаємозв'язок з RLQ-віссю 1. Серед усіх

фітоіндикаційних шкал найбільшою кореляцією з RLQ-віссю 1 характеризується шкала аерації ґрунту. RLQ-ось 1 має негативну кореляцію з часткою палюдантів в угрупованні та, з іншого боку, – позитивну з часткою пратантів. Дана ось розподіляє гігроморфи на позитивну частину (мезофіли та ксерофіли) та негативну (гігрофіли та ультрагігрофіли). Серед трофоценоморф мезотрофоценоморфи мають найбільший взаємозв'язок з RLQ-віссю 1. Топоморфічна структура угруповання поділяється даною віссю на дві протилежні компоненти: з одного боку представлені епігейні форми, з іншого – ендегейні. Серед фороморф найбільший позитивний зв'язок з RLQ-віссю 1 мають групи B5 та B7. Серед трофоморфічної структури угруповання частка фітофагів найбільш взаємопов'язана з даною віссю. Серед аероморф найбільший взаємозв'язок з цією віссю мають аерофіли, а серед карбонатоморф – гіперкарбонатофіли.

RLQ-ось 2 має негативний взаємозв'язок із твердістю ґрунту. Вологість та температура ґрунту найбільше корелюють із даною віссю. Фракція ґрунту розміром $< 0,25$ мм впливає на формування RLQ-осі 2. Вміст мінерального азоту відіграє для формування даної осі значну роль. RLQ-ось 2 чутлива до частки пратантів. Гігроморфічна складова розподіляється даною віссю на дві компоненти: з одного боку мезофіли, з іншого – ксерофіли. Оліготрофоценоморфи мають найбільшу негативну кореляцію з RLQ-віссю 2. Топоморфи поділяються RLQ-віссю 2 на дві протилежні компоненти: з однієї сторони епігейні форми, з іншої – ендегейні. Серед фороморф найбільший взаємозв'язок з даною віссю має група B4. Трофоморфи поділяються даною віссю на сапрофагів з одного боку, та зоофагів – з негативного. Аероморфічна структура угруповання поділяється RLQ-віссю 2 на дві групи: аерофілів та субаерофілів. Карбонатоморфічна структура угруповання охоплює з одного боку гемікарбонатофілів, з іншого – гіперкарбонатофілів.

RLQ-ось 3 чутлива до твердості ґрунту по всій глибині. Найбільша кореляція спостерігається на глибині 45-55 см. Серед едафічних характеристик температура ґрунту займає важливу позицію для формування даної осі. Частки ґрунту розміром 1-2 мм мають найбільший взаємозв'язок з RLQ-віссю 3. Аерація ґрунту серед усіх фітоіндикаційних шкал найбільш корелює з даною віссю. RLQ-ось 3 найбільш

чутлива до трофічної складової екоморф досліджуваної мезофауни. RLQ-ось 3 поділяє екологічний простір ценоморф на дві частини: з позитивного боку знаходяться пратанти та сільванти, з протилежного – степанти та палюданти. Серед гігроморф позитивно пов'язані з даною віссю гігрофіли, негативно – ксерофіли. Трофоценоморфічна структура для RLQ-осі 3 характеризується найбільшим взаємозв'язком з ультрамегатрофоценоморфами. Норники мають найбільшу кореляцію з даною віссю. Серед фороморф з позитивної частини екологічного простору знаходяться мезопедобіонти групи A2, з протилежної – тварини групи B5. Зоофаги мають найбільший взаємозв'язок з RLQ-віссю 3. Аероморфічна складова поділяється даною віссю на дві частини: з позитивної сторони субаерофіли, з негативної аерофіти. Гемікарбонатофіли мають найбільшу кореляцію з RLQ-віссю 3.

RLQ-ось 4 не має значної чутливості до твердості ґрунту. Щільність ґрунту відіграє важливу роль у формуванні даної осі, як і фракція ґрунту розміром > 10 мм. Серед фітоіндикаційних шкал термоклімат має найбільший взаємозв'язок з RLQ-віссю 4. Геліоморфи найбільше впливають на формування даної осі. RLQ-ось 4 чутлива до частки степантів у рослинному угрупованні. Ультрагігрофіли серед гігроморф найбільше корелюють з даною віссю. Мезотрофоценоморфи мають найбільший взаємозв'язок з RLQ-віссю 4. Топоморфічна складова характеризується найбільшою кількістю епігейних форм. Дана ось чутлива до ґрунтових тварин групи B7. RLQ-ось 4 поділяє трофічну складову на фітофагів (з позитивної сторони) та сапрофагів (з негативної). Геміаерофоби серед аероморф мають найбільший зв'язок з даною віссю, а серед карбонатоморф – акарбонатофіли.

Ми зупинилися на рішенні, яке включає 4 кластери ґрунтових безхребетних, які позначили як функціональні групи A, B, C, D (рис. 5.4.). Розташування кластерів у просторі RLQ-осей показано на рисунку 5.5.

RLQ ось 1 протиставляє представників ґрунтової мезофауни кластеру A іншим кластерам. Негативні значення кореляцій едафічних характеристик та екоформ з RLQ вісями є маркерами екологічних ніш представників кластеру A. Мезопедобіонти даного кластеру чутливі до твердості ґрунту починаючи з шару

20-25 см, збільшуючись із глибиною. Представники кластеру А віддають перевагу ґрунтам, що більш насичені вологою та мають високу електропровідність. Тварини цього кластеру воліють до ґрунту, в якому розмір часток > 10 мм переважають серед інших фракцій. Мезопедобіонти кластеру А чутливі до вмісту азоту у ґрунті та омброклімату у біотопі.

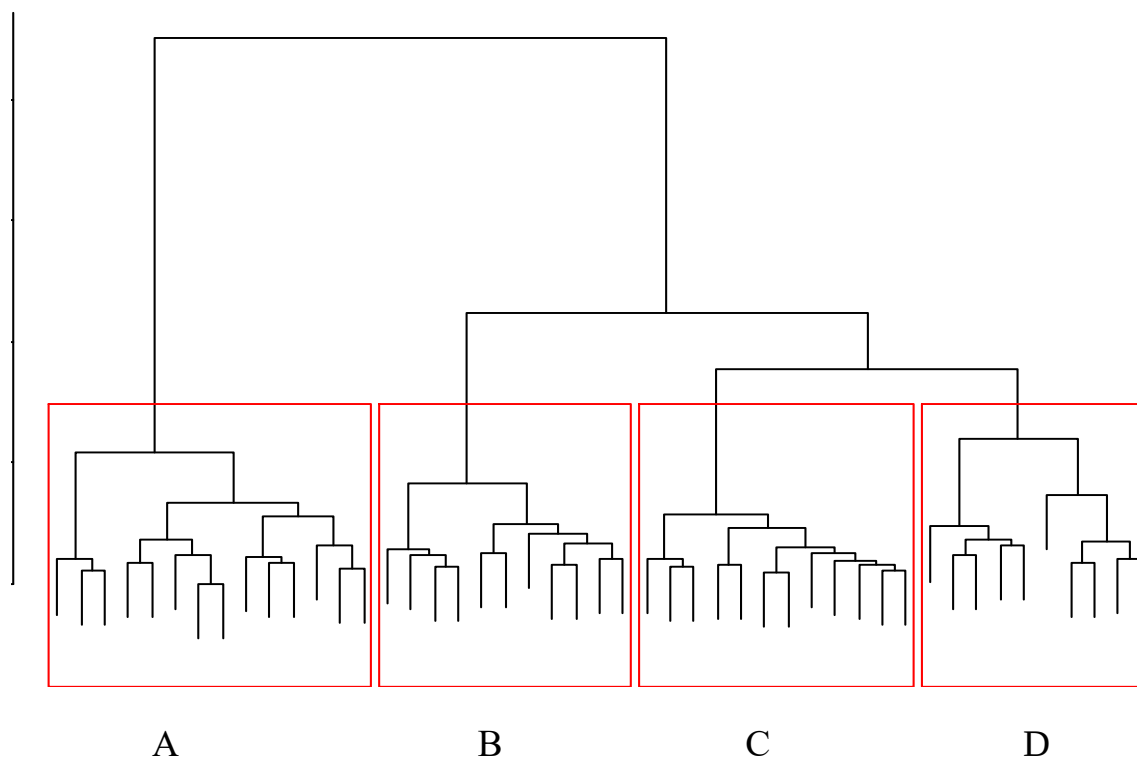


Рис. 5.4. Кластерний аналіз структури тваринного населення мезопедобіонтів (метод Варда, евклідова дистанція) А, В, С, D – функціональні групи

Кластер А об'єднує палюдантів та сільвантів. Серед гігроморф найбільш розповсюджені гігрофіли. Трофоценоморфічна складова представників даного кластеру представлена мегатрофоценоморфами. Серед аероморф найбільш розповсюджені субаерофіли. Представники кластеру А є переважно епігейними формами. Ґрунтові тварини, що складають кластер А, представлені переважно такими тваринами, що переміщуються за допомогою існуючих тріщин у ґрунті та розміри тіла яких більші порожнин у підстилці або співрозмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті. Сапрофаги складають трофоморфічну структуру представників даного кластеру. У структурі карбонатоморф виділяються акарбонатофіли та гемікарбонатофіли.

RLQ-ось 2 протиставляє представників кластеру D іншим кластерам. Тварини даної функціональної групи найбільш чутливі до твердості ґрунту на глибині 15-50 см. Щільність ґрунту та висота травостою відіграють важливу роль у формуванні екологічних ніш для мезопедобіонтів кластеру D. Тварини цього кластеру воліють до ґрунту, в якому розмір часток 1-2 мм переважають серед інших фракцій. Представники цього кластеру віддають перевагу ґрунтам з більшою кислотністю. Ценоморфічна складова кластеру D досить різноманітна. Вона складається зі степантів, сільвантів та палюдантів. Серед гігроморф переважають ксерофіли. Трофоценоморфічна складова представлена оліготрофоценоморфами та мезотрофоценоморфами. Тварини цього кластеру віддають перевагу ґрунтам, які більш насичені повітрям. Серед топоморф переважають епігейні форми. Формоморфічна складова досить різноманітна та серед формоморф переважають тварини, розміри яких співрозмірні з тріщинами у ґрунті, а також ті, розміри яких більші за порожнини в підстилці або співрозмірні з великими щілинами чи тріщинами в ґрунті. Серед формоморф переважають зоофаги. Карбонатоморфічна складова кластеру D об'єднує досить протилежні форми: акарбонатофіли та гіперкарбонатофіли.

RLQ-ось 3 протиставляє ґрунтових тварин кластеру C іншим. Вологість ґрунту є важливою едафічною характеристикою для функціональної групи C. Тварини цього кластеру воліють до ґрунту, в якому розмір часток > 10 мм переважає серед інших фракцій, та у якому найбільша відсоткова частка коренів. Освітленість у біотопі та змінність зволоження відіграють важливу роль для представників кластеру C.

Серед ценоморф переважають степанти. Гігроморфічна складова представлена ксерофілами та у меншій частині мезофілами. Серед трофоценоморф переважають мегатрофоценоморфи. Представники кластеру C віддають перевагу ґрунтам, які більш насичені повітрям. Ендогейні форми переважають серед топоморф. У формоморфічній структурі переважають тварини, які активно прокладають ходи для переміщення без вимірювання товщини тіла. Мезопедобіонти цього кластеру

представлені фітофагами. Серед карбонатоморф найбільшу частку займають гіперкарбонатофіли.

RLQ ось 4 протиставляє представників кластеру В іншим. Позитивні значення кореляцій едафічних характеристик та екоформ з RLQ вісями є маркерами екологічних ніш тварин кластеру В. Мезопедобіонти чутливі до твердості ґрунту на глибині 10-25 см, а також до більш високої температури та щільності ґрунту. Тварини цього кластеру воліють до ґрунту, в якому розмір часток > 10 мм переважає серед інших фракцій. Омброклімат та вологість біотопу важливі для представників кластеру В, які представлені пратантами.

Серед гігроморф виділяються мезофіли та гігрофіли. Трофоценоморфічна складова представлена мегатрофоморфами та ультрамегатрофоморфами. Тварини кластеру В віддають перевагу ґрунтам, які більш насичені повітрям. Серед топоморф переважають епігейні форми. Форморфи представлені тваринами, для яких характерне активне прокладання ходів та С-подібна форма тіла. Трофоморфічна складова представлена переважно фітофагами. Серед карбонатоморф найбільш розповсюджені акарбонатофіли. На рисунку 5.6. відображено просторове положення кластерів ґрунтових тварин.

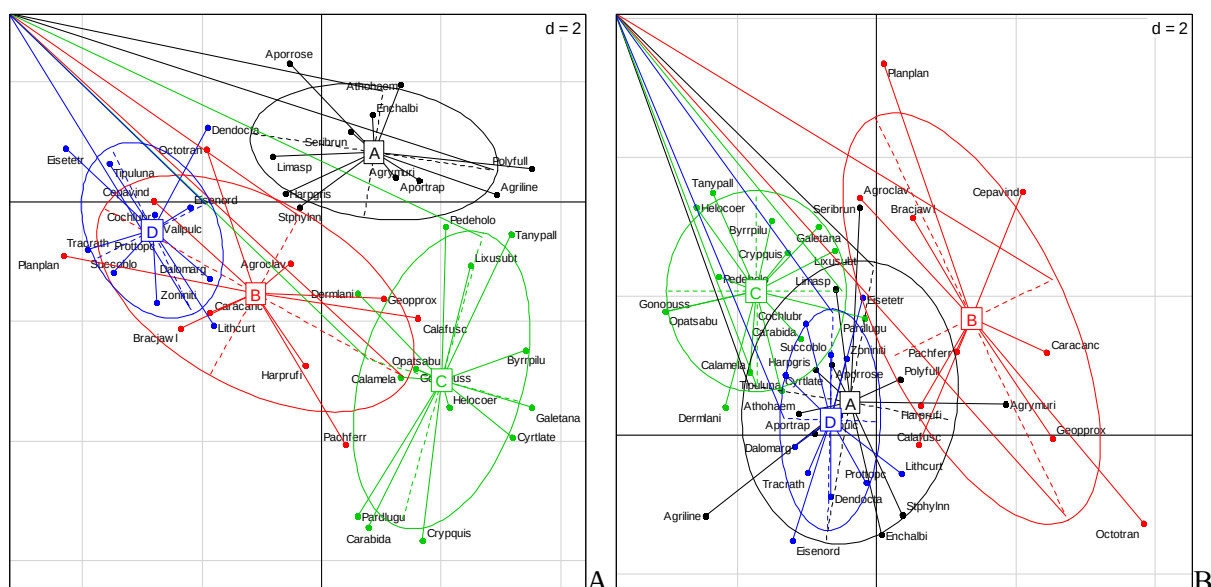


Рис. 5.5. Розташування функціональних груп мезопедобіонтів у просторі RLQ-осей А – осі 1 і 2, В - осі 3 і 4. Позначення кластерів – див. рис.5.4.

Ми бачимо, що представники кластеру А знаходяться у лівій частині полігону. Представники кластеру D розташовані у лівій частині та правій, не зачіпаючи

центральної частини. Представники кластеру С займають територію у центральній та правій частині полігону у вигляді овальних локалітетів. У центральній частині ділянки зосереджені представники кластеру В.

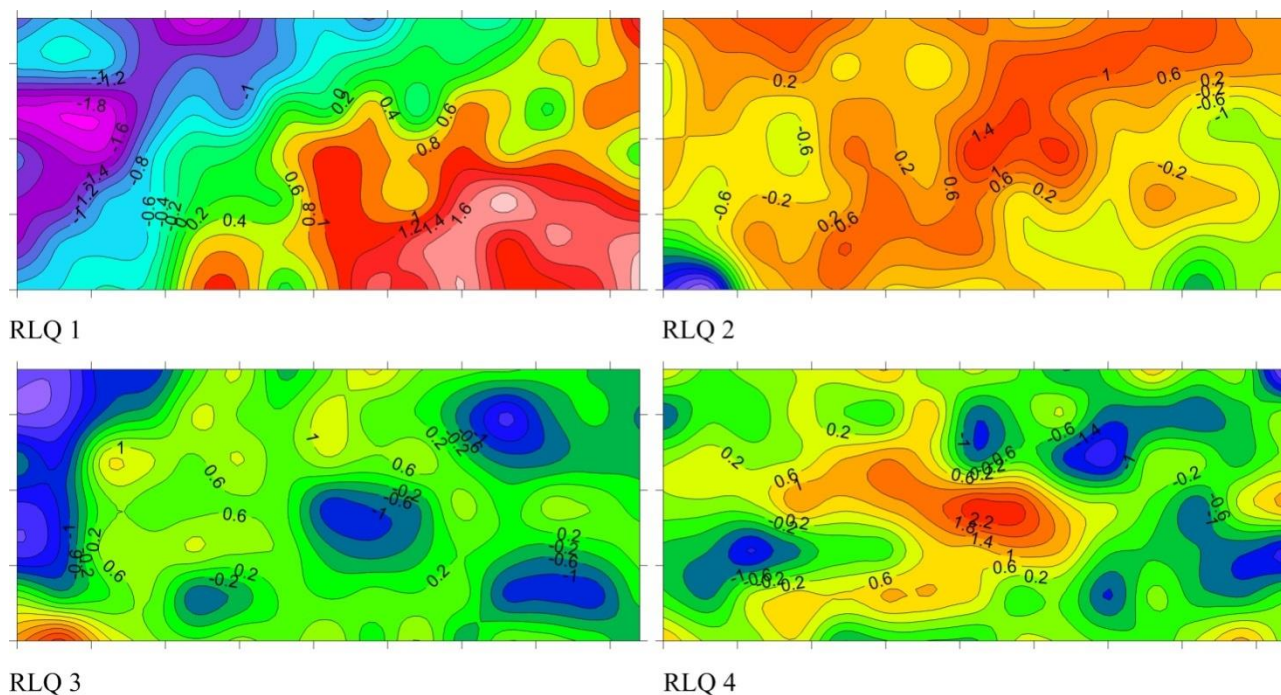


Рис. 5.6. Просторове варіювання RLQ – осей: осі абсцис і ординат – локальні географічні координати, в метрах.

Отже, за допомогою кількісного обліку ґрунтової мезофауни встановлено, що угруповання тварин мешканців лучного ґрунту характеризується чисельністю $295,93 \pm 52,97$ екз./м² і представлено 47 видами. Найвища чисельність угруповання та високе видове різноманіття у порівнянні з іншими дослідженими екотопами свідчить про найбільш сприятливі умови для проживання ґрунтових тварин. Переважний екологічний вигляд угруповання можна охарактеризувати як луговий, мезофільний, мегатрофоценоморфічний. Досить різноманітна є фороморфічна структура угруповання з переважанням мезопедобіонтів групи А3.

За допомогою RLQ-аналізу ми визначили зв'язок між едафічними характеристиками, фітоіндикаційними шкалами та знаходженням у просторі мезопедобіонтів. Ось RLQ-1 поділяє угруповання на палюдантів з невеликою часткою сільвантів та пратантів з часткою степантів. Ось RLQ-2 протиставляє мегатрофоценоморфів мезотрофоценоморфам та оліготрофоценоморфам. Ось

RLQ-3 поділяє угруповання на ксерофілів та гігрофілів. Ось RLQ-4 протиставляє фітофагам сапрофаги.

Встановлені функціональні групи ґрунтової мезофауни. Кластер А об'єднує мегатрофоценоморфів та епігейні форми, які у більшості є пратантами. Кластер D представлений у більшості сапрофагами, які активно прокладають ходи у ґрунті та переміщуються зі зміною товщини тіла. Для всіх представників цього кластеру характерне віддавання переваги тим ґрунтам, в яких у помірній концентрації знаходиться повітря. Кластер С об'єднує фітофагів. Кластер В представлений епігейними формами, які у більшості – степанти та сапрофаги.

Організація угруповання ґрунтових тварин в екологічному просторі, заданому вісями RLQ, відображена нами у вигляді просторового варіювання RLQ-вісей у географічному просторі. RLQ-ось 1 відображає перехід від лугового угруповання до лісового. На рисунку 5.6 RLQ-ось 2 негативні значення відповідають знаходженню ґрунтових тварин кластеру D, що є поділом угруповання у трофоценоморфічній структурі. У формі овальних локалітетів у лівій частині полігону зосереджені фітофаги. У центральній частині полігону знаходяться степанти, сапрофаги та епігейні форми.

Висновки до розділу 5

1. Встановлено, що на території луки виявлено 97 видів судинних рослин. На дослідженій ділянці найбільш поширені степанти (34,07%) та пратанти (30,01%). Даний екотоп має найбільш сприятливі умови для мезогігрофітів та мезотрофної групи рослин. Нарівні із піщаним степом найбільш високими значеннями показників континентальності характеризуються луки.
2. Встановлено, що у ґрунті досліджуваного полігону при ручному розбиранні проб було виявлено 47 видів ґрунтових тварин. Щільність ґрунтової мезофауни становить $295,93 \pm 52,97$ екз./м². Найбагатшим за видовим складом є ряд твердокрилих. Щільність трапляння становить $66,61 \pm 17,37$ екз./м². RLQ-осі поділяють екологічний простір місця життя мезопедобіонтів та формують чотири функціональні групи. Серед функціональних груп у даному екологічному просторі

пратанти протиставляються степантам та на трофічному рівні сапрофаги – фітофагам.

3. У географічному відображенні RLQ-осі позначають перехід від лугового угруповання до лісового, а також їх трофічну, ценоморфічну та топоморфічну структури. Овальні локалітети у лівій частині полігону відображають знаходження тих тварин, що є фітофагами.

РОЗДІЛ 6.

ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОФАУНИ ҐРУНТУ НА ТЕРИТОРІЇ ЧОРНОКЛЕНОВОГО ДУБНЯКУ З ГРЯСТИЦЕЮ НА АРЕНІ Р. ДНІПРО

6.1. Просторова мінливість едафічних характеристик

Для полігону, що розташований на території чорнокленового дубняку з грястицею, характерний найбільший рівень трофності серед інших експериментальних ділянок катени. Ґрунти в лісовому біогеоценозі балки Орлова сприятливі для геміаерофобів [82]. Встановлено, що на даній території твердість ґрунту монотонно збільшується з глибиною, поки не досягає рівня 4,16 – 4,33 МПа, після чого показники виходять на плато. Твердість ґрунту у верхньому шарі (0 – 5 см) складає 2,09 МПа. Слід відзначити, що критичний рівень твердості ґрунту для росту коренів рослин в 3 МПа перевищується, починаючи з глибини 15 – 20 см [81].

Температура ґрунту, в середньому, складає 14,82°C. Середня щільність ґрунту складає 0,98 г/см³, що є оптимальною для нормальної життєдіяльності коренів рослин. У середньому, вологість ґрунту складає 30,87%.

Електропровідність ґрунту, в середньому, становить 0,21 см/см, що не перевищує рівень негативного впливу на рослинність високих концентрацій електролітів. Агрегатна структура верхнього ґрунтового шару представлена переважно макроагрегатам (22,19 %), що свідчить про високий ступінь структурованості. Вміст коренів складає 0,05 %.

Нами встановлені середні значення вимірів едафічних показників на дослідженій ділянці та геостатистичні показники твердості ґрунту (табл. 6.1.). На підставі розрахованих варіограм були побудовані карти просторової мінливості твердості ґрунту.

На картах мінливості твердості на дослідженій ділянці показана пошарова варіабельність даної ознаки. Аналізуючи дані карти, можна стверджувати, що на дослідженій ділянці локуси з більшими значеннями твердості (≥ 3 МПа) більш розповсюджені, ніж області з меншими значеннями даного показника.

Показано, що області з менш твердими ділянками розташовані на глибині від 0-5 см до 35-40 см, що формують області неправильної форми. Потім, починаючи з глибини 45-50 см, ділянки з підвищеною твердістю (від 4 МПа) зосереджуються у центральній частині полігону. На глибині 55-65 см знаходяться найбільші за масштабністю області з підвищеною твердістю ґрунту (4,6 МПа). Далі за профілем ґрунту спостерігається чергування локусів з меншими та більшими значеннями твердості ґрунту, на глибині 95-100 см у центральній частині полігону знаходиться область з підвищеною твердістю. Таким чином, зі збільшенням глибини зонами з підвищеною твердістю набувається більш масштабний характер.

Наггет-ефект варіює від 0,05 на глибині 0-5 см до 0,03 на глибині 95-100 см. Для цього показника характерне поступове збільшення від 0,05 (0-5 см) до 0,08 (35-40 см). Після цього відбувається різка зміна значень від 0,08 до 0,03 (40-50 см). Скоріше за все, це пояснюється таким явищем, як збільшення ділянок з підвищеною твердістю ґрунту на даних шарах.

Таблиця 6.1

Геостатистичні параметри твердості ґрунту на території дубняку балки Орлова

Шар, см	C_0 (наггет)* 10^{-2}	C_1 , (частковий поріг)	$C_0 + C_1$, (поріг)	SDL, %	Радіус впливу, м
0-5	0,05	0,40	0,45	11,11	5,40
5-10	0,07	0,65	0,72	9,85	5,90
10-15	0,08	0,65	0,73	10,34	6,10
15-20	0,08	0,69	0,77	9,92	5,50
20-25	0,08	0,69	0,77	10,27	6,10
25-30	0,08	0,71	0,79	10,24	6,30
30-35	0,08	0,78	0,86	9,51	5,40
35-40	0,08	0,79	0,87	9,40	6,70
40-45	0,06	0,56	0,62	10,11	6,70
45-50	0,03	0,30	0,33	8,81	6,20
50-55	0,03	0,28	0,31	8,79	6,10
55-60	0,03	0,23	0,26	9,80	5,90
60-65	0,02	0,17	0,19	8,11	5,80
65-70	0,01	0,21	0,22	5,41	5,10
70-75	0,01	0,21	0,22	4,11	4,90
75-80	0,01	0,19	0,20	4,52	4,50
80-85	0,01	0,13	0,13	5,30	4,10
85-90	0,03	0,24	0,27	10,78	4,60
90-95	0,03	0,27	0,30	10,30	5,10
95-100	0,03	0,29	0,32	9,94	5,40

Починаючи з глибини 50-55 см до 75-80 см, значення нагет-ефекту мають монотонний характер зменшення до 0,01, після чого збільшуються до 0,03. Це підтверджує візуальне відображення просторового варіювання за профілем ґрунту.

Показник поріг змінюється від 0,45 на глибині 0-5 см до 0,30 на глибині 95-100 см. Максимальне значення знаходиться на глибині 35-40 см (0,85), після чого відбувається різкий спад значень порогу до 0,33 на глибині 50-55 см. Це підтверджує гіпотезу про наявність різких змін значень твердості ґрунту на даному шарі.

Радіус впливу змінюється від 5,4 м на глибині 0-5 см до 5,35 м на глибині 95-100 см. Для даного показника характерні коливання у верхніх шарах до глибини 35-40 см. Це може характеризувати чергування локусів з різними за значенням твердістю ґрунту. Починаючи з глибини 40-45 см, радіус впливу монотонно зменшується до значення 4,10 м на глибині 75-80 см, після чого збільшується до 5,35 м.

Показник SDL змінюється по шарах ґрунту від значення 11,11 % на глибині 0-5 см до 9,94 % на глибині 95-100%. На глибині 0-60 см спостерігається коливальний характер зміни показника, після чого SDL зменшується та приймає мінімальне значення 4,11 % на глибині 75-80 см, потім значення порогу збільшуються до 10,78 на глибині 85-90 см, на глибині 95-100 см приймають значення 9,94 %. Таким чином, за всім профілем ґрунту спостерігається висока просторова залежність.

6.2. Екоморфічна структура рослинності дубняку в балці Орловій

У ценотичному відношенні деревостан та чагарники представлені сільвантами (100% та 75 %, відповідно). Найбільш різноманітні хамекріпофіти, що на 44% складаються із сільвантів, на 20% – із пратантів, на 16% – зі степантів, рудеранти складають 8%, псамофіти – 8%, палюданти – 4% (Додаток 4).

Трофоморфи переважно представлені мезотрофоморфами (62,5%). За основу шкали показника гідроморф (екогрупи рослин щодо водного режиму ґрунтів) Я. П. Дідуха взята шкала Д. Н. Циганова, яка містить 23 градації. За ступенем

вологості едафотоп можна охарактеризувати як гемігідроконтрастнофільний, який характерний для сухуватих лісолучних і лучностепових екотопів з нерівномірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту або незначного промочування його опадами і талими водами.

Багаторічні рослини займають 67,09 % від проективного покриття (88,56 % від видового розмаїття полігону), дворічні – 0,30% (0,40% від видового розмаїття) та однорічні – 8,36% (11,04% від видового розмаїття).

В таблиці 6.2. приведені результати обчислення кореляції Спірмена з матрицями дистанцій між сайтами відбору проб, встановленими по видовій структурі рослинного угруповання і матрицями дистанцій, знайденими на основі чинників довкілля і фітоіндикаційних шкал.

Таблиця 6.2

Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена матриць засобів відмінності подібності між сайтами відбору проб по таксономичній матриці рослин і перемінних навколишнього середовища

Метрика	Спосіб трансформації даних										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Евклідова	0.31	0.46	0.44	0.31	0.48	0.47	0.35	0.48	0.44	0.43	0.22
Манхеттенська	0.40	0.50	0.49	0.42	0.50	0.50	0.42	0.50	0.50	0.49	0.46
Гувера	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50	0.50	0.47	0.50	0.50	0.49	0.52
Брея-Куртиса	0.42	0.46	0.46	0.42	0.46	0.45	0.42	0.46	0.46	0.48	0.46
Кульчинського	0.42	0.46	0.46	0.42	0.45	0.44	0.42	0.45	0.46	0.47	0.46
Морисіта	0.36	0.43	0.41	0.04	-0.27	0.17	-0.35	-0.27	-0.47	-0.34	0.00
Горна-Морисіта	0.36	0.45	0.44	0.36	0.45	0.44	0.36	0.45	0.44	0.46	0.45
Као	0.38	0.40	0.40	0.05	0.42	0.41	0.12	0.42	0.23	0.43	-0.17
Жаккара	0.42	0.46	0.46	0.42	0.46	0.45	0.42	0.46	0.46	0.48	0.46
Моунфорда	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Рауппа-Крика	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Канберра	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43
Чао	0.41	0.41	0.41	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.45	0.47	0.44
Махаланобіса	0.38	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.38	0.38	0.38	0.37

Умовні позначення: 1 – дані не трансформовані; 2 – логарифмовані дані; 3 – корінь квадратний; 4 – дані, поділені на маргінальну суму; 5 – дані, поділені на маргінальний максимум; 6 – дані, поділені на маргінальну суму і помножені на кількість ненульових значень; 7 – нормалізовані дані (маргінальна сума квадратів значень дорівнює 1); 8 – стандартизовано до діапазону 0–1; 9 – перетворення Хеллінджера; 10 – χ^2 -трансформація; 11 – вісконсіанська трансформація.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що найбільшою кореляцією з факторами середовища характеризуються матриці на основі метрики Гувера і для віскосіанської трансформації. Багатовимірне шкалювання дозволяє в просторі меншої розмірності відобразити вихідний багатовимірний масив даних. Питання про кількість вимірювань може бути вирішене шляхом оцінки швидкості зміни стресу при збільшенні числа вимірювань. Стрес є мірою точності відображення вихідних даних у просторі меншої розмірності. Якщо при збільшенні числа вимірювань зменшення стресу відбувається повільно, то такий приріст числа не дає істотного поліпшення якості відображення. Таким чином, різкий перегин кривої диференційного стресу вимірювань може вказувати на оптимальне число вимірювань. Чіткість перегину посилюється, якщо використовувати диференційний стрес – різницю значень стресу між сусідніми числами вимірювань (рис 6.1.).

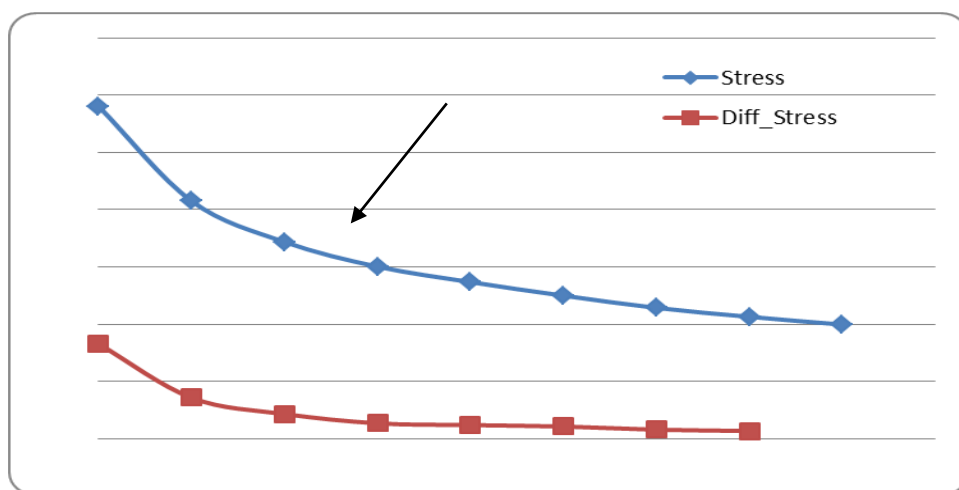


Рис.6.1. Залежність стресу і диференціального стресу від числа вимірювань

Умовні позначення: ось абсцис - число вимірювань; ось ординат - стрес (Stress, зліва) та диференційний стрес (Diff_Stress, праворуч). Стрілка вказує на зону різкого перегину диференціального стресу.

Результати, представлені на графіку, свідчать про те, що після чотирьох обраних вимірювань і більше стрес збільшується дуже плавно. Це дозволило нам зупинитися на відображенні багатовимірної хмари даних у чотирьох вимірах.

Аналіз коефіцієнтів кореляції показників середовища і значень вимірів є основою для інтерпретації цих вимірювань (додаток 4). В результаті багатовимірного шкалювання виявлено, що вимір 1 відчутний в різному ступені до розподілу значень твердості ґрунту по верствах. Починаючи з шару ґрунту 0-5 см,

до 55-60 см, спостерігається зворотний зв'язок між твердістю ґрунту і вимірюванням 1, далі, з глибини 60 см, має місце позитивний зв'язок. Високі негативні значення кореляції даного виміру маркуються комплексом видів, серед яких переважають *Pinus sylvestris* L, а також *Vicia cracca*, *Tanacetum vulgare*, *Euphorbia seguieriana* Neck, *Centaurea diffusa* Lam. і *Poa nemoralis*. Відомо, що ці види розташовані на околиці експериментальної ділянки, яка межує із сосновими насадженнями. Таким чином, вимір 1 чутливий до явища маргінального ефекту (рис. 6.2.).

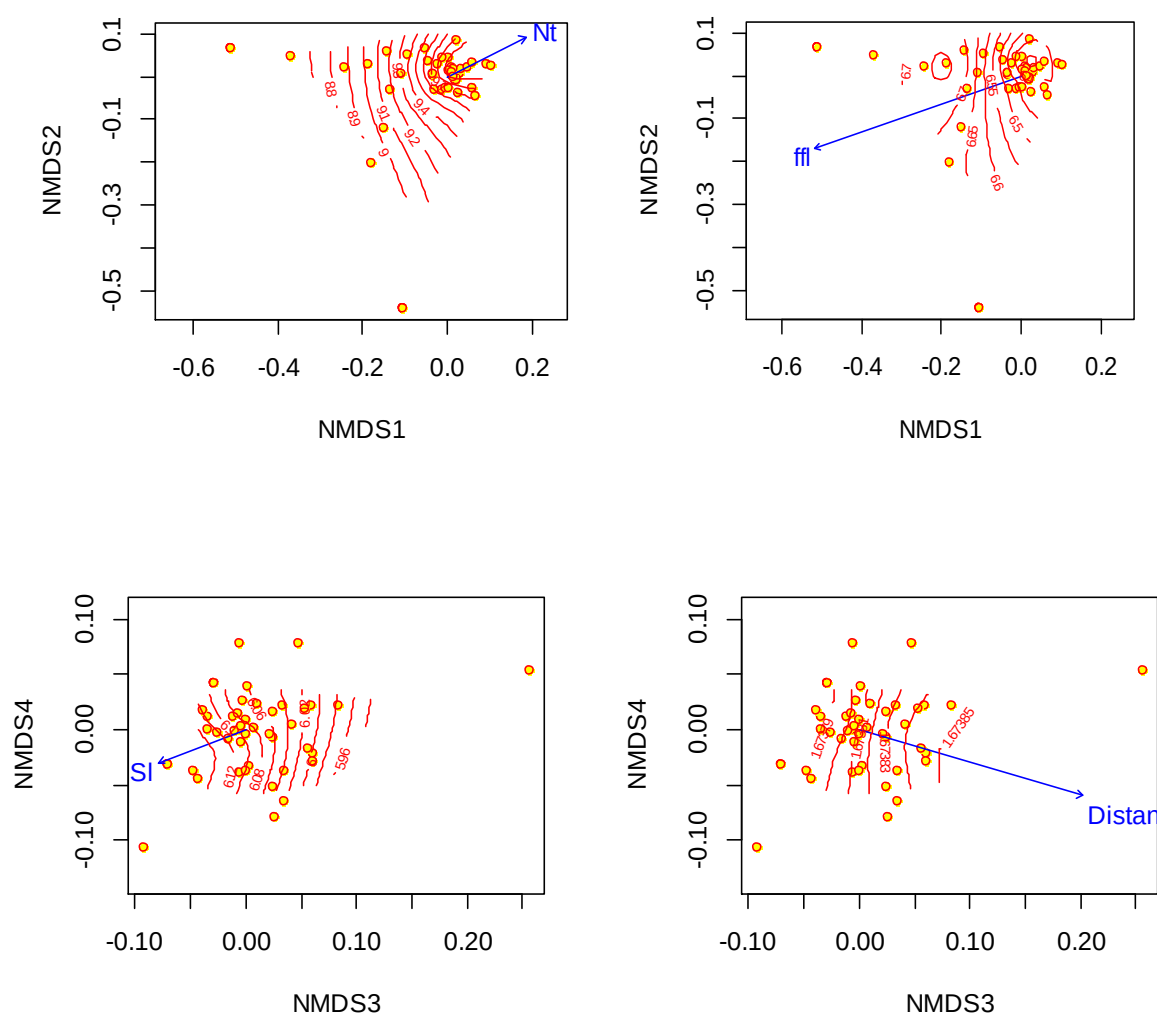


Рис. 6.2. Вектори екологічних факторів і їх ізолінії в просторі осей багатомірного шкалювання

Умовні позначення: див. табл. 1; точками показано розміщення видів.

Фітоіндикаційні шкали вказують на те, що вимір 1, виділений при багатовимірному шкалюванні, пов'язаний зі зміною зволоження ґрунту і вмістом мінерального азоту. Вимір 2 найбільш чутливий до значень твердості ґрунту на глибині від 5 см до 15 см, а також на глибині від 30 см до 45 см. Позитивні значення виміру 2 вказують на ділянки з переважанням великого піску, а негативні говорять про кореляцію даного виміру з відстанями розташування деревостану до досліджуваних точок. Фітоіндикаційні шкали вказують на високу роль режиму зволоження (рис. 7.2) і термоклімату у визначенні трендів мінливості рослинності, які відображаються виміром 2. Результати розрахунку індексів, засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда (рис. 6.2), показують, що трофоморфи є високоінформативними в ідентифікації зазначеного виміру. Позитивним значенням виміру 2 відповідає переважання в рослинному угрупованні таких видів, як *Berberis vulgaris* L., *Vicia cracca* L і *Euphorbia seguieriana* Neck. Екологічно протилежні угруповання формують *Veronica chamaedrys* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Viola arvensis* Murr і *Poa pratensis* L.

Значення виміру 3 чутливі до твердості ґрунту найбільшою мірою на глибині від 5 см до 45 см. Позитивні значення відповідають ділянкам з переважанням великого піску, і говорять про кореляцію даного виміру від відстані розташування деревостану до досліджуваних точок. Негативні значення більшою мірою відповідають ділянкам з розташуванням деревостану. З едафічних властивостей з виміром 3 найбільшою мірою пов'язані такі, як зміст великого гравію. Підвищені значення таких фітоіндикаційних шкал, як вміст повітря у ґрунті та омброклімат, відповідають позитивним значенням виміру 3. За таких умов превалюють *Arctium lappa* L., *Stellaria media* (L.), *Vill Dactylis glomerata* L. і *Achillea millefolium* L. Тоді як підвищені значення забезпеченості ґрунту доступними формами азоту і вмісту в ґрунті солей вказують на негативні значення виміру. Екологічно протилежне угруповання формують *Vicia cracca* L., *Anchusa popovii* (Gusul.) Dobrocz і *Centaurea diffusa* Lam.

Вимір 4 чутливий до значень твердості ґрунту на глибині від 35 см до 100 см і має негативний характер зв'язку. Позитивні значення виміру 4 серед едафічних

характеристик вказують на ділянки з переважанням високої щільності ґрунту, а негативні говорять про кореляцію даного виміру з вологістю едафотопу та ділянками з найбільшим вмістом гравію. Фітоіндикаційні шкали вказують на високу роль режиму освітлення ценозу (рис. 6.2.) та омброклімату у визначенні трендів мінливості рослинності, які відображаються виміром. 4. Результати розрахунку індексів, засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда, показують, що трофоморфи є високоінформативними в ідентифікації зазначеного виміру.

Позитивні значення виміру 4 відповідають переважанню в рослинному угрупованні таких видів, як *Euonymus verrucosa* Scop і *Humulus lupulus* L. Екологічно протилежне угруповання формують *Anchusa popovii* (Gusul.) Dobrocz, *Pyrus communis* L і *Pinus sylvestris* L.

6.3. Екоморфічна структура мезопедобіонтів дубняку в балці Орловій

У ґрунті досліджуваного полігону при ручному розбиранні проб було виявлено 59 видів ґрунтових тварин. Щільність ґрунтової мезофауни вивченого полігону становить $192,57 \pm 27,03$ екз./м². Характеристика таксономічного та екологічного різноманіття угруповання мезопедобіонтів досліджуваного полігону представлена у додатку 5. Щільність населення представників ряду Haplotaenidae становить $18,13 \pm 5,79$ екз./м², серед яких переважно зустрічається вид *Eiseniella tetraedra tetraedra* з щільністю $6,25 \pm 1,5$ екз./м². Відсоткове співвідношення цього ряду до загальної чисельності виявленої ґрунтової мезофауни складає 9,41 %.

Родина Enchytraeidae представлена видом *Enchytraeus albidus* та має щільність $25,14 \pm 3,68$ екз./м², що складає 13,05 % від загальної кількості знайдених екземплярів представників мезопедобіонтів.

Ряд Araneae, що представлений видом *Pardosa lugubris*, становить 0,76 % від загальної кількості знайдених ґрунтових організмів і має щільність 8,99 екз./м². Ряд Geophilomorpha представлений на дослідженій ділянці двома видами – *Geophilus proximus* і *Pachymerium ferrugineum*, які становлять 2,76 % від загальної кількості знайдених мезопедобіонтів та мають щільність $5,33 \pm 1,46$ екз./м².

Ряд *Lithobiomorpha* представлений такими видами: *Lithobius forficatus*, *Lithobius aeruginosus* та *Lithobius curtipes*, що становлять 7,91 % від загальної кількості знайдених мезопедобіонтів та мають щільність $15,24 \pm 3,14$ екз./м². Ряд *Julida* має щільність 4,57 екз./м², а від загальної кількості знайдених представників ґрунтової мезофауни 2,37 %.

Найбагатшим за видовим складом є ряд твердокрилих, які представлені такими родинami: *Carabidae*, *Cetoniidae*, *Chrysomelidae*, *Curculionidae*, *Elateridae*, *Silphidae*, *Staphylinidae*, *Tenebrionidae*, *Melolonthidae*, *Dytiscidae* (знайдено у стадії личинки). Щільність трапляння становить $35,76 \pm 11,82$ екз./м² та у відсотковому відношенні до загальної кількості мезопедобіонтів складає 18,57 %.

Одним видом представлений ряд *Dermaptera* (*Forficula auricularia*) зі щільністю $1,68 \pm 0,56$ екз./м², що становить 0,87 % від загальної кількості виявлених організмів ґрунтової мезофауни. Ряд *Lepidoptera* також на дослідженій ділянці представлений одним видом – *Agrotis clavis* та має щільність $5,03 \pm 1,07$ екз./м², що у відсотковому відношенні до загальної кількості видів мезопедобіонтів складає 2,56 %. Ряд *Isopoda* (*Trachelipus rathkii*) має щільність $18,59 \pm 2,6$ екз./м² та складає 9,65 % від загальної кількості мезопедобіонтів. Ряд *Orthoptera* (*Gryllotalpa gryllotalpa*) має щільність $0,15 \pm 0,15$ екз./м² та становить 0,08 % від загальної кількості виявлених організмів ґрунтової мезофауни. Ряд *Pulmonata* є також різноманітною групою. На дослідженій ділянці виявлено 13 видів, які складають 29,03 % та мають щільність $55,91 \pm 13,41$ екз./м².

На рисунку 6.3. представлена екоморфічна структура мезофауни ґрунту на дослідженій ділянці. Встановлено, що в угрупованні за чисельністю домінують степанти (61,2%), майже у два рази менше пратантів (29,4%). Сільванти і палюданти разом складають близько 9,3% за чисельністю. Гігроморфи представлені мезофілами (79,4%). Майже рівну частку складають гігрофіли (10%) і ксерофіли (9,9%). Ультрагігрофіли складають менше одного відсотка від усієї кількості виявлених мезопедобіонтів. У топоморфічній структурі переважають ендегейні форми (80,0%), значно менше епігейних (15,1%). Норники складають 4,9% та представлені переважно *Octodrilus transpadanus*.

У структурі трофоценоморф переважають мегатрофоценоморфи (92,2%), значно менше мезотрофоценоморф (3,9%) і ультратрофоценоморф (3,5%). Трофічна структура угруповання представлена сапрофагами (81,6%). Зоофаги складають 11,5%. Переважаючими форморфами є екологічна група тварин, які пересуваються за допомогою зміни товщини тіла (79,7%), що відіграють найбільш важливу роль в угрупованні.

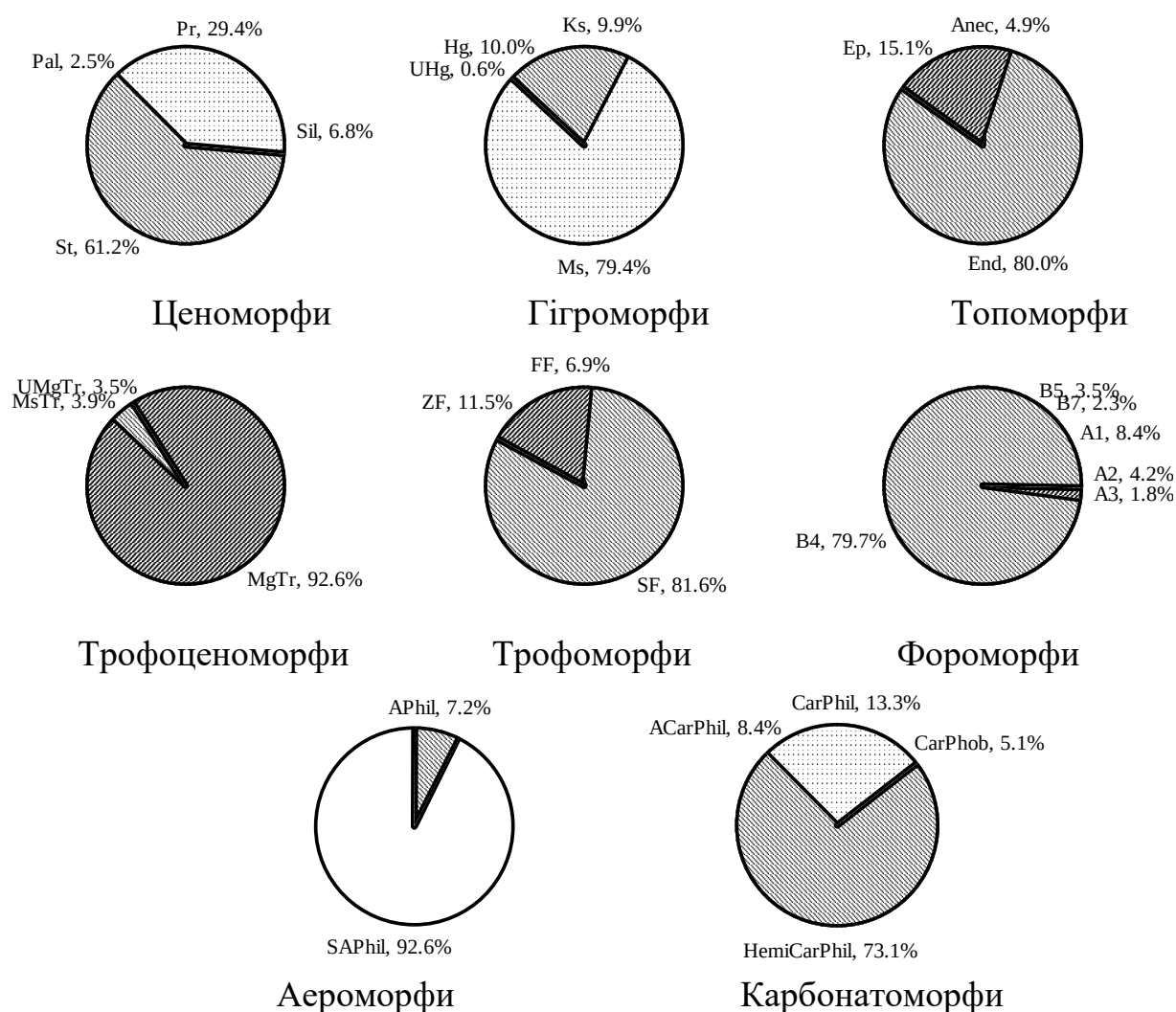


Рис. 6.3. Екоморфічна структура ґрунтової мезофауни: ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; гігморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, Uhg – ультрагігрофіли; трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; топоморфи: End – ендегейні. Ер – епігейні, Анес – норники; форморфи: А – переміщення за допомогою існуючої шпаруватості ґрунту; В – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менші за тріщини у ґрунті; 2 – розміри тіла співрозмірні з тріщинами; 3 – розміри тіла більші порожнин у підстилці або співрозмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщини тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги

Для оцінки ролі екоморф в описі просторової організації угруповань мезопедобіонтів як детермінантів екологічного простору використовувалися едафічні показники і значення фітоіндикаційних шкал, що встановлені в точках відбору ґрунтово-зоологічних проб (додаток 4). Едафічні характеристики можуть розглядатися як детермінанти екологічного простору угруповання мезопедобіонтів (додатки). Результати RLQ-аналізу представлені на рисунку 6.4.

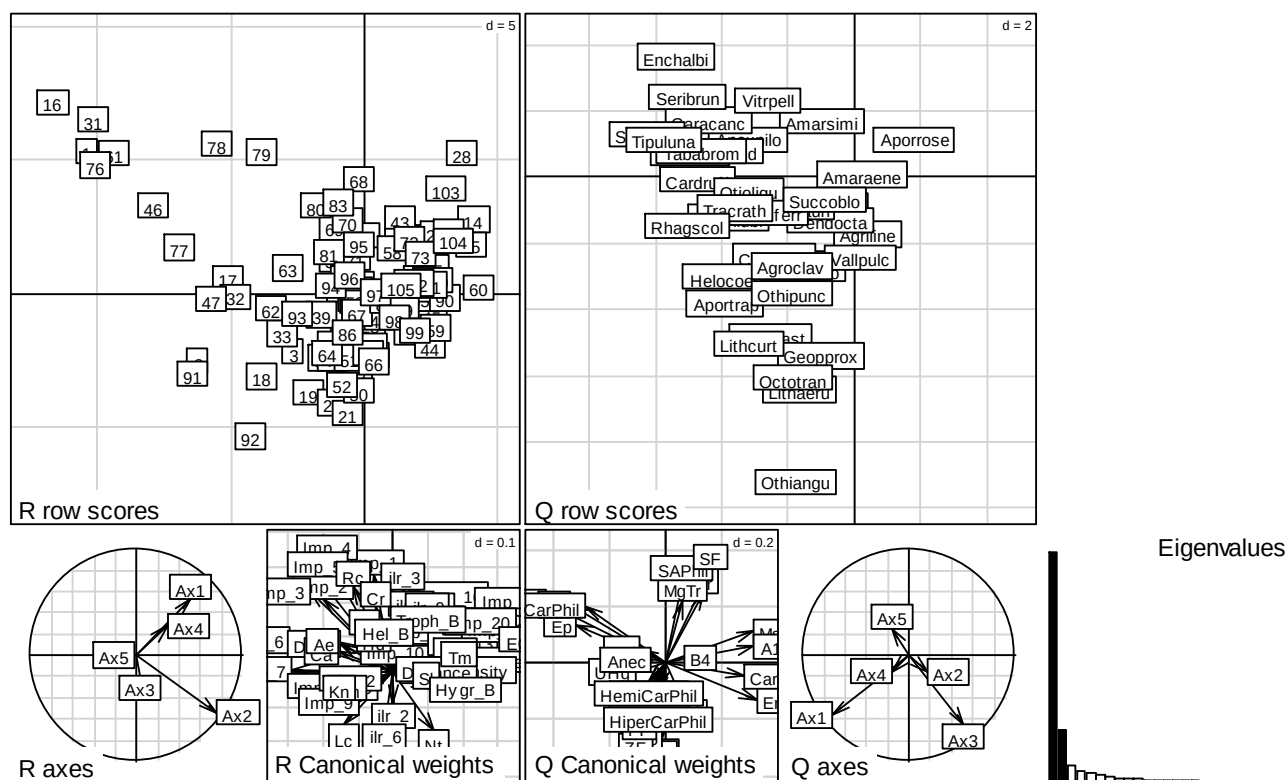


Рис. 6.4. Результати аналізу RLQ: ось абсцис – RLQ-ось 1, ось ординат – RLQ-ось 2; а – ваги точок відбору проб (R-матриця) по RLQ-осях; б – ваги видів (Q-матриця) по RLQ-осях; в – кореляція головних компонент 1 і 2, отриманих на основі факторного аналізу змінних середовища і RLQ-осей; г – кореляція змінних середовища і RLQ-осей; д – кореляція головних компонент 1 і 2, отриманих на основі факторного аналізу екоморф і RLQ-осей; е – кореляція екоморф і RLQ-осей; ф – гістограма власних чисел

Встановлено, що 89,86% загальної варіації (загальної інерції) описують перші чотири осі RLQ (66,43, 15,69, 4,62 і 3,11% відповідно). Процедура randtest підтвердила значущість результатів RLQ-аналізу на p -рівні 0,001. Аналіз наведених у додатку 6 даних свідчить про важливу роль ґрунтових умов і структури рослинності як маркерів умов проживання ґрунтової мезофауни.

RLQ-ось 1 відображає важливість деяких едафічних характеристик для формування просторового розподілу ґрунтової мезофауни. Негативний взаємозв'язок між цими явищами виявлений у верхніх шарах ґрунту – від 0–5 см до 30–35 см, після чого відбувається зростання кореляції на глибині аж до 100 см. Серед ґрунтових характеристик найбільший зв'язок з організацією в просторі мезопедобіонтів має фракція ґрунту з агрегатним розміром 5-7 мм. Найбільш інформаційно важливими маркерами RLQ-осі 1 є фітоіндикаційна шкала зволоженості ґрунту і омброклімату. Важливу роль для організації ґрунтової мезофауни відіграє ступінь освітленості в ценозі. Серед екоморф найбільш пов'язані з даною віссю пратанти. RLQ-ось 1 чутлива до розташування мезофілів та мегатрофоценоморфів. Серед топоморф найбільшу роль у формуванні угруповання мезопедобіонтів відіграють ендегейні форми, а серед фороморф – тварини з типом пересування A1 – розміри тіла ґрунтової мезофауни менші, ніж розміри шпар у ґрунті або у підстилці. Корелює дана ось з такою трофічною групою, як сапрофаги. RLQ-ось 1 найбільш чутлива до карбонатofilів.

RLQ-ось 2 чутлива до твердості ґрунту по всій дослідженій глибині, а також обумовлена дистанцією між деревами і часткою агрегатного складу 7-10 мм. Серед фітоіндикаційних шкал найбільшою кореляцією з даною віссю володіє кріоклімат. RLQ-ось 2 чутлива майже однаково до всіх екоморф.

RLQ-ось 3 має взаємозв'язок з показником твердості ґрунту: ступінь кореляції збільшується з глибиною. Високою є роль для формування осі електропровідності ґрунту. Негативний взаємозв'язок спостерігається з кількістю фракційного піску в ґрунті розміром $<0,25$ мм. Зволоженість ґрунту також відіграє важливу роль у формуванні RLQ-осі 3. Геліоморфи чутливі до даної осі. RLQ-ось 3 корелює з такими ценоморфами, як степанти. Ксерофіли найбільш розташовані серед гігроморф даного угруповання. Аерофіли та акарбонатofilі корелюють з даною віссю. Трофічна структура представлена олітрофоценоморфами. У даному угрупованні переважають епігейні форми. Адаптації пересування пов'язані з наявністю ґрунтових тварин, що мають розміри тіла більші за порожнини у підстилці.

RLQ-ось 4 має взаємозв'язок з твердістю ґрунту, лише починаючи з глибини 65 см і носить тенденцію до збільшення коефіцієнта кореляції. Негативно дана ось пов'язана з наявністю у ґрунті частинок, розмір яких більше 10 мм. Дана ось чутлива до загального вмісту солей у ґрунті, а також до індексів, що засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда, – гігроморфи і геліоморфи. RLQ-ось 4 прямо пов'язана з наявністю пратантів та негативно корелює із сільвантами. Серед гігроморфічної складової RLQ-ось 4 найбільш пов'язана з ксерофілами. Дана ось корелює з геміа-ерофобами та карбонофілами. Норники найбільш характерні для даного угруповання. Серед фороморф поширені представники ґрунтової мезофауни з типом пересування А1. Ми зупинилися на рішенні, яке включає 4 кластери ґрунтових безхребетних, які позначили як функціональні групи А, В, С, D (рис. 6.5.).

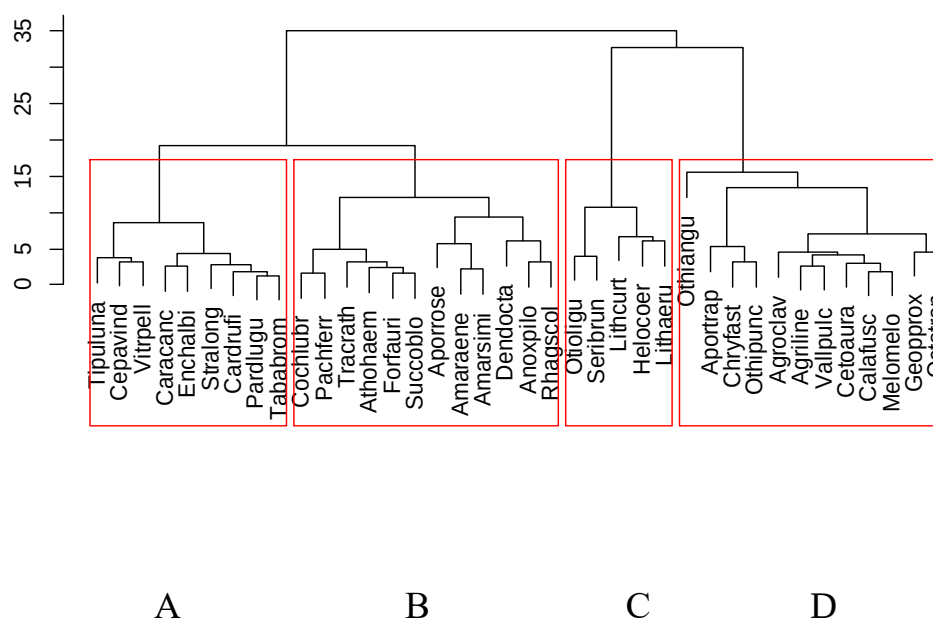


Рис. 6.5. Кластерний аналіз структури тваринного населення мезопедобіонтів (метод Варда, евклідова дистанція) А, В, С, D – функціональні групи

RLQ-ось 1 виділяє пратантів та протиставляє представників кластеру С іншим кластерам. Мезофауна цього кластеру чутлива до твердості ґрунту на глибині 0-35 см. Потужність підстилки та щільність ґрунту відіграють важливу роль для формування екологічної ніші представників кластеру С. Представники цього кластеру воліють до ґрунтів з більшою часткою агрегатного складу від 0,25 до 1 мм.

Ступінь освітленості, вологість біотопу та насиченість ґрунту повітрям відіграють важливу роль для мезопедобіонтів кластеру С. Розташування кластерів у просторі RLQ-осей показано на рисунку 6.6.

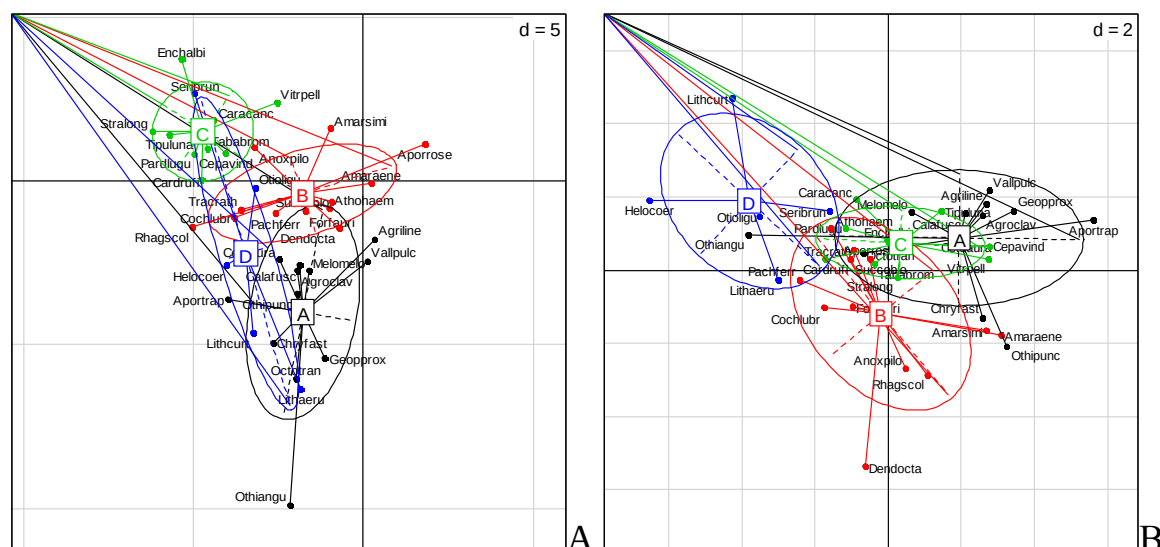


Рис. 6.6. Розташування функціональних груп мезопедобіонтів у просторі RLQ-осей А – осі 1 і 2, В – осі 3 і 4.

Представники кластеру С являють собою гетерогенну групу ґрунтових тварин. У ценоморфічному аспекті мезопедобіонти кластеру С представлені степантами, сільвантами та палюдантами. Слід відзначити, що всі інші кластери представлені переважно пратантами. Гетерогенність спостерігається і на рівні гігоморфічної структури. Представники кластеру С включають різноманітні за гігропреферендумом форми: ксерофілів, гігрофілів та ультрагігрофілів. У свою чергу, всі інші кластери представлені переважно мезофілами. Також для кластеру С характерне різноманіття трофоценоморфічної структури. В її складі представлені як оліготрофоценоморфи, так і мезотрофо- та ультрамегатрофоценоморфи. Інші кластери досить однорідні у трофоценоморфічному аспекті та представлені переважно мегатрофоценоморфами. Представники ґрунтової мезофауни, що відносяться до кластеру С, надають перевагу більш аерованим умовам ґрунту та підстилки, про що свідчить переважання в їх аероморфічній структурі аерофілів та геміаерофобів. Представники кластеру С є переважно епігейними формами, а представники інших кластерів є ендегенними формами. Мезопедобіонти, що складають кластер С, представлені переважно тваринами, що переміщуються за допомогою існуючих

тріщин у ґрунті; розміри їх тіла більші порожнин у підстилці або співрозмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті. Вони є переважно фіто- та зоофагами і акарбонатофілами.

RLQ ось 2 також протиставляє представників кластеру С іншим ґрунтовим тваринам. Крайні негативні значення кореляції едафічних характеристик та фітоіндикаційних шкал є маркерами положення в екологічному просторі мезопедобіонтів кластеру С.

RLQ ось 3 протиставляє ґрунтових тварин кластеру В іншим кластерам. Представники даного кластеру позитивно реагують на збільшення твердості ґрунту з глибиною. Серед едафічних характеристик мезопедобіонти кластеру В віддають перевагу ґрунту з більшою електропровідністю. Представники цього кластеру воліють до ґрунтів з більшою часткою агрегатного складу від 3–5 до 10 мм. Вони чутливі до омброклімату.

Представники кластеру В у більшості представлені степантами. У гігроморфічному відношенні переважають ксерофіли. Серед трофоценоморф мають перевагу оліготрофоценоморфи. Мезопедобіонти даного кластеру воліють до більш насичених повітрям ґрунтів. Представники кластеру В є епігейними формами. У трофічному плані серед тварин кластеру В зустрічаються як зоо-, так і фітофаги. Вони віддають перевагу ґрунтам, які більш насичені вуглецем.

RLQ ось 4 протиставляє ґрунтових тварин кластеру D представникам інших кластерів. Переважають негативні значення кореляцій між RLQ віссю 4 та едафічними характеристиками біотопу і екоморф мезопедобіонтів. Представники цього кластеру чутливі до твердості ґрунту на глибині 10-15 см до 35-40 см, а також з глибини 55-60 см до 95-100 см. Мезопедобіонти кластеру D віддають перевагу ґрунту з підвищеною щільністю. Найбільшу роль для формування екологічної ніші для представників цього кластеру відіграють частки ґрунту розміром 0,5-1 мм. Мезофауна чутлива до вмісту кальцію у ґрунті.

У ценоморфічному відношенні тварини кластеру D представлені сільвантами. Гігроморфічна складова мезофауни цього кластеру представлена мезофілами. Серед трофоценоморф переважаючою формою є ультрамегатрофоценоморфи.

Субаерофіли протиставлені іншим аероморфам. Представники цього кластеру представлені ендегенними формами. Серед фороморф переважаючими формами є тварини з S-подібною формою тіла. Мезофауна кластеру D представлена сапрофагами. Серед карбонатоморф найбільш розповсюджені гемікарбонатофіли.

Локалітети в лівій частині полігону, сформовані внаслідок просторового варіювання RLQ-осі 1, виділяють частину ґрунтової мезофауни – представників лучного угруповання. Це пов'язано з особливостями розташування рослин – у цьому місці степовий фітоценоз переходить у лісовий. Розташування ділянок варіації інших RLQ-осей має вигляд мозаїчної структури, яка відображає локалітети з різними представниками кластерів. Ділянки з найбільшими позитивними значеннями у правій частині полігону на рисунку 1 RLQ-3 відповідають зосередженням представників кластеру B. Негативні значення на рисунку 1 RLQ-4 відображають локалітети найбільшого скупчення представників кластеру D, які мають мозаїчну структуру у верхній частині полігону (рис.6.8).

Отже, за допомогою ручного збору ґрунтової мезофауни на території грушево-дубового деревостану виявлено, що щільність мезопедобіонтів вивченого полігону становить $192,57 \pm 27,03$ екз./м² і представлена 38 видами. Переважний екологічний вигляд угруповання можна охарактеризувати як степовий, мезофільний, мегатрофоценоморфічний. У трофічній структурі перевага належить сапрофагам. Досліджувана мезофауна віддає перевагу ґрунтам з помірним вмістом повітря.

Об'єднання трьох матриць даних (едафічні характеристики, фітоіндикаційні шкали та екоморфи ґрунтових організмів) дає можливість визначити взаємозв'язок між ними. Ось RLQ-1 показує, що угруповання є мезофільним та у трофічній структурі переважають сапрофаги. У топоморфічній структурі дана ось протиставляє ендегейні форми іншим. Ось RLQ-2 поділяє досліджуваних мезопедобіонтів на мегатрофоценоморфів та інших представників трофоценоморф. Також ця ось чутлива до субаерофілів. Ось RLQ-3 відокремлює степантів від інших ценоморф. Негативні значення осі RLQ-4 позначають перевагу в угрупованні гемікарбонатофілів.

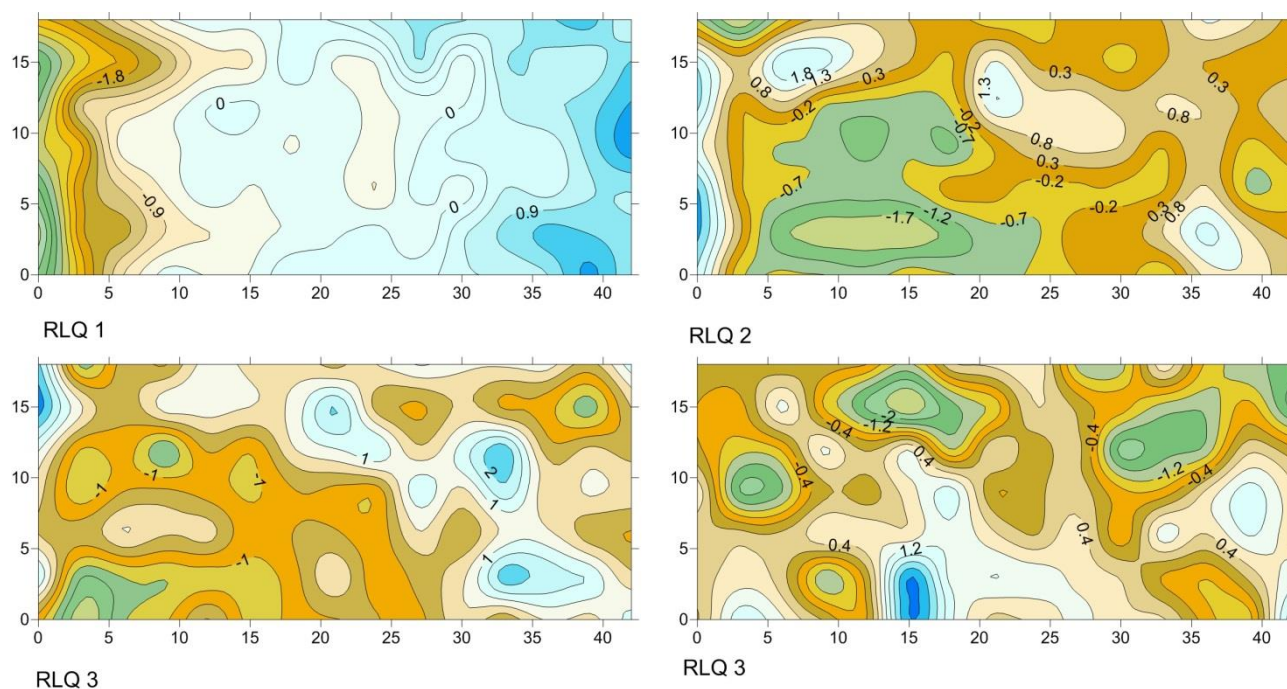


Рис. 6.8. Просторове варіювання RLQ-осей: осі абсцис і ординат – локальні географічні координати, в метрах.

Ми встановили функціональні групи мезопедобіонів. Кластер В поділяє екологічний простір на степантів та пратантів. Також цей кластер об'єднує епігейні форми. Кластер С об'єднує мегатрофоценоморфів та тих тварин, які віддають ґрунту з перевагою помірного вмісту повітря. До кластеру D відносяться більшість сільвантів та ультрамегатрофоценоморф.

Встановлено розподіл функціональних груп у географічному просторі. RLQ ось 1 виділяє пратантів та відображає перехід лісового фітоценозу у степовий. Локалітети з негативними значеннями на рисунку RLQ-ось 2 відповідають скупченням мегатрофоценоморфів та субаерофілів. На рисунку RLQ-ось 3 ми бачимо доповнення до зображення варіабельності RLQ-ось 1: ділянки з позитивними значеннями відповідають зосередженню степантів, а негативні – пратантів. На рисунку RLQ-ось 4 відображені скупчення сільвантів.

Висновки до розділу 6

1. Визначено, що на дослідженому полігоні виявлено 48 видів судинних рослин. У ценотичному відношенні деревостан та чагарники представлені сільвантами (100% та 75 % відповідно). Трофоморфи переважно представлені

мезотрофоморфами (62,5%). У межах чорнокленового дубняку з грястицею у балці Орловій сприятливі умови для субксерофітних – мезофітних видів рослин та для мезотерм.

2. У ґрунті досліджуваного полігону при ручному розбиранні проб було виявлено 59 видів ґрунтових тварин. Найбагатшим за видовим складом є ряд твердокрилих, що представлений 10 родинami. RLQ-ось 1 чутлива до зволоженості ґрунту і омброклімату, а також освітленості у ценозі. RLQ-ось 1 виділяє пратантів та протиставляє представників кластеру С іншим кластерам, що об'єднує сапрофітів і мезофілів. Тварини кластеру В чутливі до термоклімату та об'єднують степантів. Представники кластеру D об'єднують сільвантів.

3. Найбільш інформативним є розташування у просторі RLQ-осі 1, яка показує перехід лісового ценозу у степовий та маркується наявністю пратантів. Мегатрофоценоморфи зосереджені в основному в центральній частині полігону. RLQ-ось 3 вказує на скупчення степантів у правій частині полігону, а RLQ-ось 4 відображає зосередження гемікарбонатofilів у верхній частині.

РОЗДІЛ 7.

ПРОСТОРОВЕ ВАРІЮВАННЯ ҐРУНТОВОЇ МЕЗОФАУНИ УГРУПОВАННЯ БОЛОТНОГО БІОГЕОЦЕНОЗУ

7.1. Просторова мінливість едафічних характеристик

Для полігону, що розташований на території болотного угруповання, характерний найбільший режим вологості едафотопу та широкий діапазон мінливості умов зволоження серед інших ділянок катени, що вивчається. Також у ґрунті полігону, що досліджується, знаходиться середній вміст карбонатів у порівнянні з іншими полігонами катени.

У ході дослідження встановлено, що твердість ґрунту носить монотонний характер збільшення з глибиною від значення 0,80 МПа у шарі 0-5 см до 3,04 МПа у шарі 95-100 см. Оптимальний рівень твердості ґрунту (3 МПа) перевищується, починаючи з глибини 95-100 см (3,04 МПа) [73]. Тому слід відзначити, що твердість на даній ділянці найменша у порівнянні з іншими дослідженими біогеоценозами.

Температура ґрунту варіює у межах полігону від 13,4°C до 22,1°C; в середньому, складає $16,09 \pm 0,15^\circ\text{C}$. Середня щільність ґрунту складає $0,72 \pm 0,02 \text{ г/см}^3$, що не є оптимальною для нормальної життєдіяльності для коренів рослин. Вологість ґрунту варіює від 11,23 % до 23,94%, що являє собою велику різницю значень показника. В середньому, вологість ґрунту складає $39,86 \pm 3,57\%$.

Електропровідність ґрунту, в середньому, становить 0,93 ДСм/см, що не перевищує рівень негативного впливу на рослинність високих концентрацій електролітів – 1,5-2,0 ДСм/м. Агрегатна структура верхнього ґрунтового шару представлена переважно мезоагрегатами (87 %), що свідчить про високий ступінь структурованості.

Нами встановлені середні значення вимірів твердості ґрунту на дослідженій ділянці та геостатистичні показники (табл. 7.1), на основі розрахованих даних геостатистики побудовано карти розподілу твердості ґрунту (Додаток 5).

Аналізуючи карти просторового варіювання твердості ґрунту на території болота, бачимо чітку межу між локусами з меншими значеннями твердості ґрунту та

локусами з більшими значеннями. Це може бути пояснено тим, що досліджена територія розташована на стику двох біогеоценозів – лісу та болота. Таке явище спостерігається до шару 55-60 см. Після цього, починаючи з глибини 60-65 см до 95-100 см, локуси з підвищеною твердістю поступово набирають більшу масштабність.

Таблиця 7.1

Геостатистичні параметри твердості ґрунту на території болота

Шар, см	C ₀ (наггет) *10 ⁻²	C ₁ (частковий поріг)	C ₀ + C ₁ , (поріг)	SDL, %	Радіус впливу, м
0-5	0,005	0,04	0,05	5,60	9,89
5-10	0,005	0,04	0,05	5,90	10,26
10-15	0,005	0,05	0,05	6,10	9,82
15-20	0,005	0,05	0,06	6,40	9,09
20-25	0,007	0,07	0,08	6,50	8,74
25-30	0,009	0,09	0,10	6,90	8,54
30-35	0,009	0,12	0,13	7,30	7,12
35-40	0,012	0,14	0,15	7,50	7,89
40-45	0,015	0,18	0,20	7,80	7,69
45-50	0,019	0,21	0,23	7,90	8,30
50-55	0,021	0,24	0,26	8,10	8,05
55-60	0,025	0,24	0,27	8,30	9,43
60-65	0,029	0,28	0,31	8,90	9,39
65-70	0,027	0,29	0,32	9,50	8,52
70-75	0,029	0,25	0,28	9,70	10,39
75-80	0,015	0,17	0,19	7,20	8,11
80-85	0,025	0,31	0,34	8,50	7,46
85-90	0,038	0,37	0,41	8,60	9,31
90-95	0,054	0,49	0,54	8,70	9,93
95-100	0,059	0,54	0,60	8,90	9,85

За допомогою геостатистичних даних визначено ступінь варіабельності між точками відбору проб. Наггет-ефект приймає значення від 0,005 у шарі 0-5 см до 0,059 у шарі 95-100 см. Значення цього показника монотонно змінюються на глибині 0-65 см, після цього спостерігається коливальний характер показника до глибини 75-80 см. З глибини 80-85 до 95-100 см відбувається різка зміна значень від 0,015 до 0,059. Коливання значення твердості ґрунту свідчать про підвищення гетерогенності дослідженого показника.

Значення порогу змінюються від 0,05 на глибині 0-5 см до 0,60 на глибині 95-100 см. Характер варіабельності даного показника за профілем ґрунту майже повністю повторює мінливість наггет-ефекту. З шару 0-5 см до шару 60-65 см спостерігається монотонне збільшення порогу. На глибині 70-75 см знаходиться мінімальний пік значень показника (0,19), після чого поріг поступово збільшується до 0,60 (95-100 см)

Радіус впливу приймає значення від 5,6 м на глибині 0-5 см до 8,9 м на глибині 95-100 см. Показник поступово збільшується з глибиною до шару 65-70 см (9,7 м), після чого у шарі 70-75 см радіус впливу зменшується до 7,2 м, що співпадає з мінімальними піками значень наггет-ефекту та порогу на даній глибині. Це підтверджує гіпотезу про підвищення варіабельності твердості ґрунту на даній глибині.

Показник SDL змінюється з 9,89 % на глибині 0-5 см та 9,85 % на глибині 95-100 см. На даній ділянці спостерігається високий рівень просторової залежності, так як показник SDL не перевищує 25 %.

Таким чином, на глибині 70-75 см спостерігається високий ступінь варіабельності твердості ґрунту, що підтверджується зменшенням значень на цій глибині наггет-ефекту, порогу та радіусу впливу.

7.2. Екоморфічна структура рослинного угруповання болота

На території болота виявлено 70 видів судинних рослин. У ценотичному відношенні деревостан та чагарники представлені сільвантами (100% та 82 % відповідно). Найбільш різноманітні хамекріпофіти, що на 46% складаються з пратантів, псамофіти складають 35%, пратанти – 20%, палюданти – 8% та сільванти – 8%. Трофоморфи представлені переважно мезотрофоморфами (61,2%).

У таблиці 7.2. наведені результати обчислення кореляції Спірмена з матрицями дистанцій між сайтами відбору проб, встановленими за видовою структурою рослинного угруповання і матрицями дистанцій, знайденими на основі показників довкілля і фітоіндикаційних шкал.

Таблиця 7.2

Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена матриць вимірів
відмінності/подібності між сайтами відбору проб за таксономічною матрицею
рослин і параметрів навколишнього середовища

Метрика	Спосіб трансформації даних										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Евклідова	0.51	0.61	0.62	0.57	0.47	0.47	0.59	0.47	0.61	0.31	0.49
Манхеттенська	0.57	0.59	0.61	0.63	0.52	0.53	0.56	0.52	0.62	0.45	0.62
Гувера	0.52	0.57	0.57	0.51	0.52	0.52	0.47	0.52	0.56	0.51	0.58
Брея-Куртіса	0.62	0.62	0.63	0.63	0.62	0.61	0.63	0.62	0.63	0.62	0.62
Кульчинського	0.61	0.62	0.62	0.63	0.62	0.61	0.62	0.62	0.63	0.61	0.62
Морісіта	0.60	0.61	0.62	0.02	-0.54	0.41	-0.59	-0.54	-0.61	-0.25	0.00
Горна-Морісіта	0.60	0.61	0.61	0.60	0.60	0.57	0.60	0.60	0.61	0.55	0.60
Као	0.59	0.59	0.60	0.30	0.48	0.53	0.36	0.48	0.46	0.40	0.08
Жаккара	0.62	0.62	0.63	0.63	0.62	0.61	0.63	0.62	0.63	0.62	0.62
Моунфорда	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Рауппа-Крика	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Канберра	0.62	0.62	0.62	0.63	0.62	0.62	0.64	0.62	0.62	0.63	0.62
Чао	0.60	0.61	0.61	0.60	0.61	0.59	0.60	0.61	0.61	0.58	0.61
Махаланобіса	0.20	0.18	0.19	0.17	0.20	0.20	0.15	0.20	0.18	0.17	0.19

Умовні позначення: 1 – дані не трансформовані; 2 – логарифмовані дані; 3 – корінь квадратний; 4 – дані, поділені на маргінальну суму; 5 – дані, поділені на маргінальний максимум; 6 – дані, поділені на маргінальну суму і помножені на кількість ненульових значень; 7 – нормалізовані дані (маргінальна сума квадратів значень дорівнює 1); 8 – стандартизовано до діапазону 0–1; 9 – перетворення Хеллінджера; 10 – χ^2 -трансформація; 11 – вісконсіанська трансформація.

Виходячи з даних обчислення, найбільшою кореляцією з факторами середовища характеризуються нормалізованими даними з матрицями на основі метрики Канберра. Багатовимірне шкалювання дозволяє в просторі меншої розмірності відобразити вихідний багатовимірний масив даних. Питання про кількість вимірювань може бути вирішене шляхом оцінки швидкості зміни стресу при збільшенні числа вимірювань. Різкий перегин кривої диференційного стресу вказує на оптимальне число вимірювань. Чіткість перегину посилюється, якщо використовувати диференційний стрес. (рис 7.1.).

Результати, представлені на графіку, свідчать про те, що після чотирьох обраних вимірів і більше стрес зменшується дуже плавно. Це дозволило нам зупинитися на відображенні багатовимірної хмари даних у чотирьох вимірах.

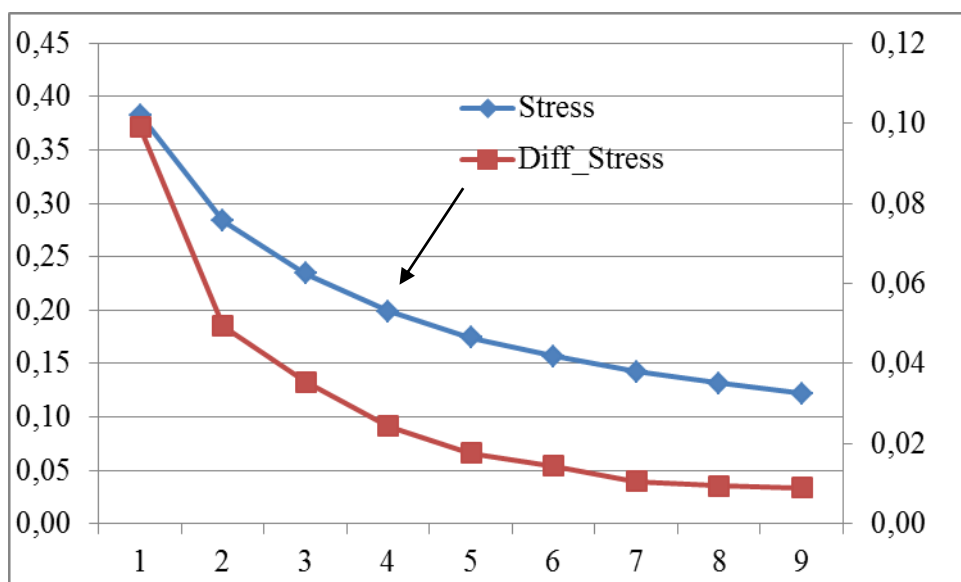


Рис. 7.1. Залежність стресу і диференціального стресу від числа вимірювань

Умовні позначення: ось абсцис – число вимірювань; ось ординат – стрес (Stress, зліва) та диференціальний стрес (Diff_Stress, праворуч). Стрілка вказує на зону різкого перегину диференціального стресу.

Аналіз коефіцієнтів кореляції показників середовища і значень вимірів є основою для інтерпретації цих вимірювань (додаток 5). Аналіз багатовимірного шкалювання показав, що вимір 1 найбільш чутливий до твердості ґрунту у верхніх його шарах. Значення кореляції даних характеристик вказують на монотонне зниження залежності між виміром 1 і твердістю ґрунту. Починаючи з глибини 70-75 см, спостерігається зворотний зв'язок даних показників. Високі позитивні значення кореляції даного виміру пов'язані з такими видами, як *Ulmus laevis* Pall, *Lonicera tatarica* L. і *Festuca gigantea* (L) Vill. Негативні значення кореляції маркуються такими видами: *Althaea officinalis* L, *Persicaria hydropiper* (L) Delarbre і *Schoenoplectus lacustris* (L) Palla.

Вимір 1 чутливий до таких едафічних характеристик, як відсотковий вміст вологи у ґрунті та до її електропровідності. Фітоіндикаційні шкали вказують на те, що вимір 1, виділений при багатовимірному шкалюванні, пов'язаний зі змінністю зволоження ґрунту і його кислотністю.

Вимір 2 чутливий до одного з найбільш інформативних едафічних показників – твердості ґрунту у верхніх його шарах (0-5 см) на полігоні, що досліджується, після чого спостерігається поступове зниження показника кореляції. З шару ґрунту 35-40 см даний показник набуває негативного зв'язку, при цьому значення монотонно збільшуються з глибиною. Аналіз багатовимірної шкалювання показав, що вимір 2 чутливий до розміщення ґрунтових агрегатів розміром 0,25 мм.

Фітоіндикаційні шкали за Я. П. Дідухом вказують на зв'язок даного виміру із вмістом карбонатів у ґрунті та з його аерацією. Індокси, засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда, говорять про зв'язок виміру 2 з трофністю даної ділянки.

Вимір 2 має позитивний зв'язок з такими видами рослин, як *Veronica chamaedrys* L, *Agrostis stolonifera* L і *Aristolochia clematitis* L., також даний вимір негативно пов'язаний з такими видами: *Rhamnus cathartica* L, *Frangula alnus* Mill і *Sambucus nigra* L, які представлені нанофанерофітами.

Вимір 3 має позитивний зв'язок з твердістю ґрунту до глибини 65 см, після чого спостерігається негативна кореляція даних показників. Серед інших едафічних властивостей щільність ґрунту і фракція великого піску має високий ступінь кореляції з виміром 3.

З'ясувалося, що даний вимір при аналізі фітоіндикаційних шкал за Я. П. Дідухом пов'язаний з освітленістю у ценозі і з омброкліматом. Також вимір 3 негативно пов'язаний зі ступенем зволоження ділянки. За таких умов превалюють *Acer campestre* L., *Prunus stepposa* Kotov і *Viola odorata* L. Екологічно протилежне угруповання формують *Chaerophyllum temulum* L, *Calamagrostis epigeios* (L) Roth і *Frangula alnus* Mill.

Вимір 4 має досить низький ступінь кореляції із твердістю ґрунту аж до шару 55-60 см. З глибини 60 см значення кореляції виміру 4 з даною едафічною характеристикою стають значними та негативний зв'язок зберігається до глибини 80 см. Починаючи з шару 80-85 см до шару 95-100 см, спостерігається поступове збільшення позитивного зв'язку даних показників. Серед едафічних показників вимір 4 найбільш чутливий до температури ґрунту. Позитивні значення вказують на ділянки з переважанням середнього піску. Фітоіндикаційні шкали вказують на

високу роль зволоження ґрунту із вмістом мінерального азоту у визначенні трендів мінливості рослинності, які відображаються виміром 4. Результати розрахунку індексів, засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда, показують, що трофоморфи є високоінформативними в ідентифікації зазначеного вимірювання.

Позитивні значення виміру 4 відповідають переважанню в рослинному угрупованні таких видів, як *Malva pusilla* Smith і *Arctium lappa* L. Екологічно протилежне угруповання формують *Achillea millefolium* L, *Veronica chamaedrys* L. і *Aristolochia clematitis* L.

7.3. Екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів болота

На території болота знайдено 58 видів ґрунтових тварин. Домінантом за найбільшою чисельністю є родина Enchytraeidae, що представлена видом *Enchytraeus albidus* – 25,14 % від загальної чисельності ґрунтових тварин. Другою за чисельністю є родина Planorbidae, що представлена видом *Planorbis planorbis* та складає 20,9 %. Найбільш різноманітнішою серед інших родин за чисельним складом є комахи, що представлені 10 видами.

На рисунку 7.2. представлена екоморфічна структура мезофауни ґрунту на дослідженій ділянці. Встановлено, що в угрупованні за чисельністю домінують пратанти (45,9%). Палюданти займають другу позицію за кількістю знайдених мезопедобіонтів (34,0%). Сільванти і степанти разом складають 20,1% за чисельністю. Гігроморфи переважно представлені гігрофілами (46,8%). Мезофіли та ультрагігрофіли складають майже рівну частку 23,5% та 20,6% відповідно. Ксерофіли складають 9,1%. У топоморфічній структурі переважають епігейні форми (67,4%), значно менше ендегейних (27,8%). Норники складають 4,9 % та представлені переважно *Octodrilus transpadanus* та *Geophilus proximus*.

У структурі трофоценоморф переважають мегатрофоценоморфи (68,2%). Мезотрофоценоморфи складають 23,7%. Оліготрофоценоморфи і ультратрофоценоморфи складають майже рівну частку 4,6 та 3,5% відповідно. Трофічна структура угруповання представлена фітофагами (37,0%), сапрофагами (34,8%) та зоофагами (28,2%).

Переважаючими фороморфами є екологічна група тварин, в яких розміри тіла більші за порожнини у підстилці (40,1%). Серед аероморф переважають субаерофіли (66,0%), а серед карбонатоморф – акарбонатофіли (30,9%).

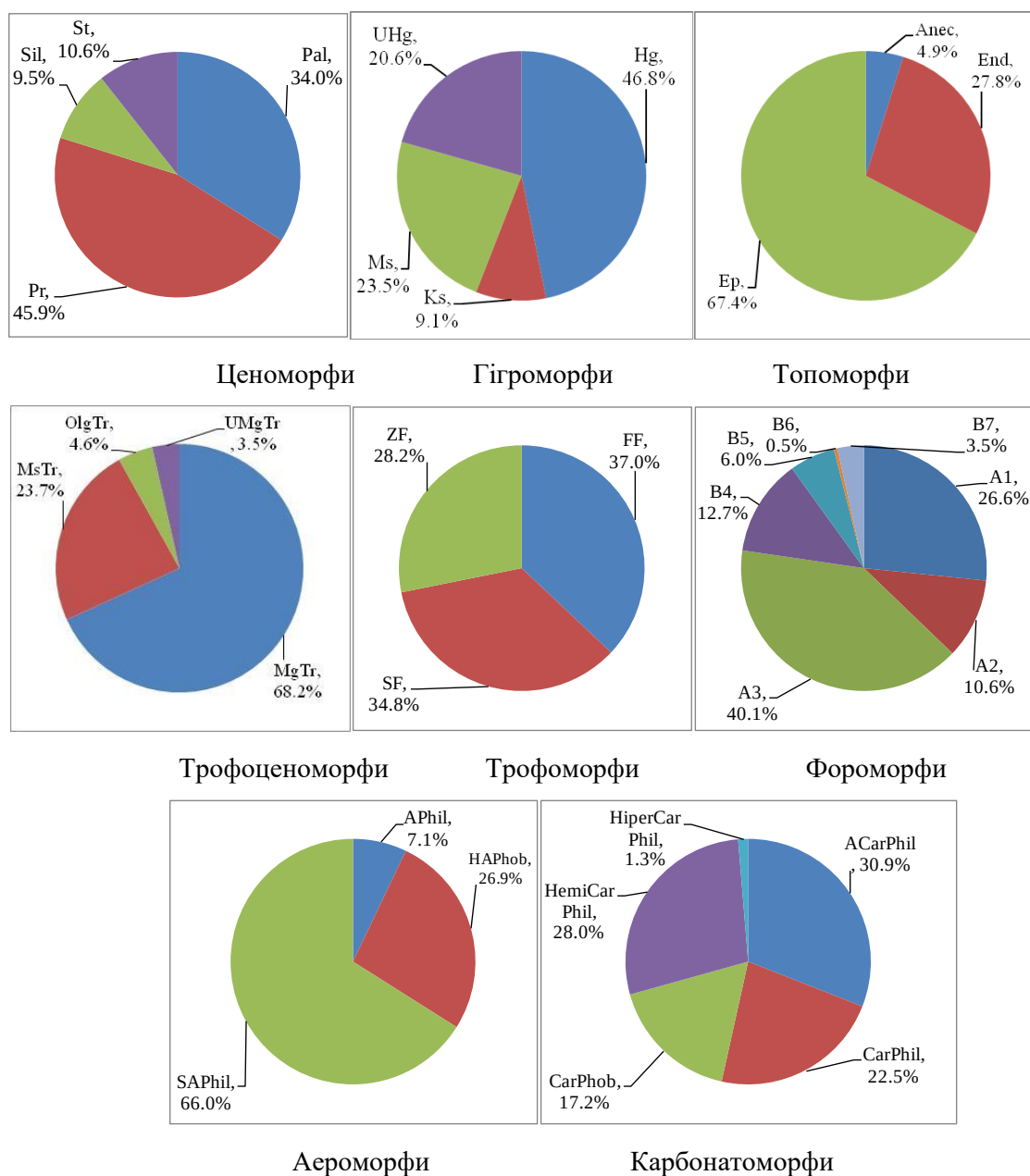


Рис. 7.2. Екоморфічна структура ґрунтової мезофауни: ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; гігроморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, UHg – ультрагігрофіли; трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; топоморфи: End – ендегейні. Ер – епігейні, Анес – норники; фороморфи: А – переміщення за допомогою існуючої шпаруватості ґрунту; В – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менші за тріщини у ґрунті; 2 – розміри тіла співрозмірні з тріщинами; 3 – розміри тіла більші порожнин у підстилці або співрозмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщини тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги

Едафічні характеристики можуть розглядатися як детермінанти екологічного простору угруповання мезопедобіонтів (Додаток 5). Оцінка ролі екоморф в описі просторової організації угруповань мезопедобіонтів як детермінантів екологічного простору представлена на рисунку 7.3.

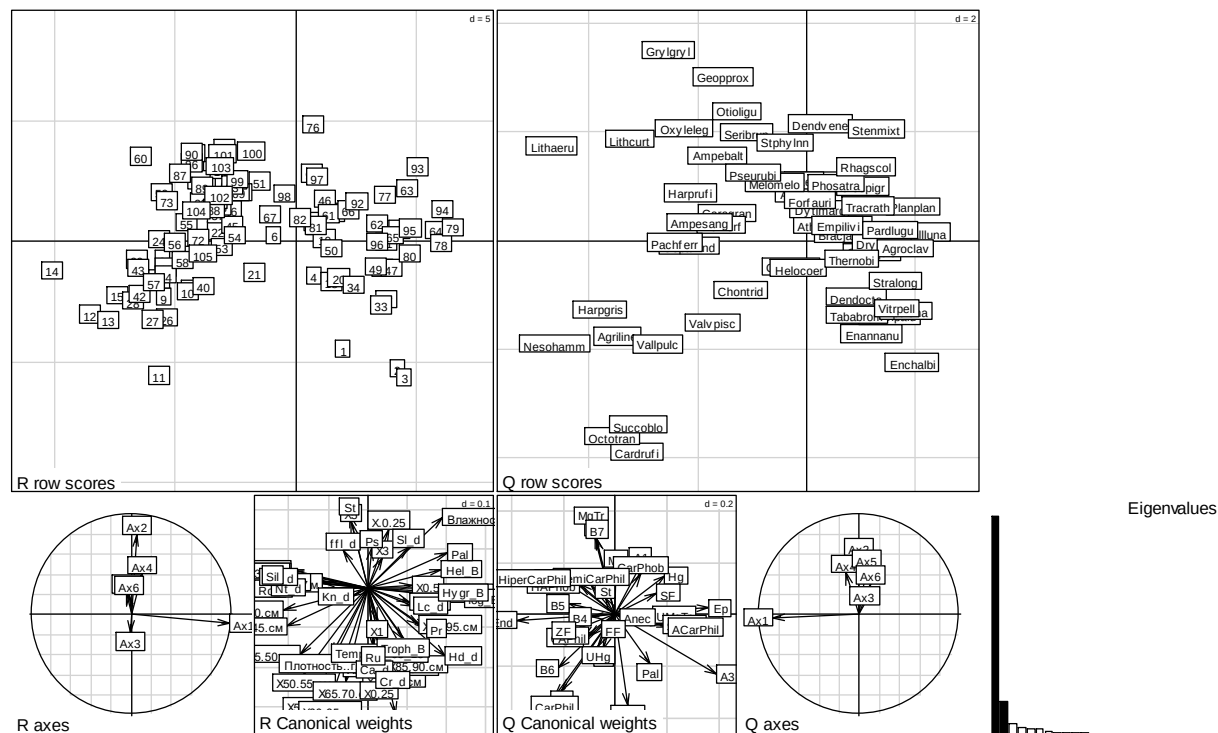


Рис. 7.3. Результати аналізу RLQ: ось абсцис – RLQ-ось 1, ось ординат – RLQ-ось 2; а – ваги точок відбору проб (R-матриця) по RLQ-осях; б – ваги видів (Q-матриця) по RLQ-осях; в – кореляція головних компонент 1 і 2, отриманих на основі факторного аналізу змінних середовища і RLQ-осей; г – кореляція змінних середовища і RLQ-осей; д – кореляція головних компонент 1 і 2, отриманих на основі факторного аналізу екоморф і RLQ-осей; е – кореляція екоморф і RLQ-осей; ф – кореляція екоморф і RLQ-осей; Q – гістограма власних чисел.

Встановлено, що 92,20% загальної варіації (загальною інерції) описують перші чотири осі RLQ (74,66, 11,30, 3,91 і 2,34% відповідно). Процедура randtest підтвердила значущість результатів RLQ-аналізу на p -рівні 0,001. Аналіз наведених у таблиці 7.3 даних свідчить про важливу роль ґрунтових умов і структури рослинності для формування умов проживання ґрунтової мезофауни.

RLQ-ось 1 чутлива до твердості ґрунту: до глибини 70 см спостерігається негативний взаємозв'язок, та починаючи з шару 70-75 см показник кореляції між

даною віссю та твердістю ґрунту стає позитивним. Серед едафічних характеристик найбільший зв'язок з організацією в просторі мезопедобіонтів має вміст часток ґрунту з агрегатним розміром 3-5 мм. Найбільш інформаційно важливими маркерами RLQ-осі 1 є фітоіндикаційна шкала змінності зволоження. Серед екоморф найбільше пов'язані з даною віссю палюданти. RLQ-ось 1 чутлива до ролі в угрупованні гігморф та мезотрофоценоморф. Серед топоморф переважають епігейні форми. Серед фороморф – тварини з типом пересування A3, розміри тіла у яких більші за порожнини у підстилці. Корелює дана ось з таким типом харчування, як сапрофагія. Ось 1 чутлива до розташування таких аероморф, як субаерофіли. Серед карбанотоморф найбільш поширені акарбанотоморфи.

RLQ-ось 2 найбільш чутлива до твердості ґрунту у верхніх шарах, поступово кореляція зменшується з глибиною. Найбільший зв'язок з організацією у просторі мезопедобіонтів мають частки ґрунту з агрегатним розміром 3-5 мм. Серед фітоіндикаційних характеристик найбільш важливим є Кп. Пратанти мають високу кореляцію з даною віссю. Серед гігморф позитивний зв'язок спостерігається з RLQ-віссю 2 гігрофілів. Дана ось виділяє серед трофоценоморф мезотрофоценоморфи. Серед топоморф виділяються ендегейні форми, а фороморф – тварини з типом пересування A1 – розміри тіла яких менші, ніж розміри шпар у ґрунті або у підстилці. RLQ-ось 2 виділяє серед аероморф геміаерофоби, а серед карбанотоморф акарбанотоморфи.

RLQ-ось 3 найбільш чутлива до твердості ґрунту на глибині 50-60 см. Серед едафічних характеристик електропровідність найбільше корелює з даною віссю. Найбільший зв'язок з RLQ-вісю 3 має частка в ґрунті агрегатів розміром 5-10 мм. Омброклімат є найбільш цінним для даної осі. Пратанти мають високу кореляцію з даною віссю. Гігрофіли мають позитивний зв'язок з RLQ-вісю 3. Ця ось протиставляє мезотрофоценоморфам інші трофоценоморфи. Ендегейні форми негативно корелюють з RLQ-ось 3. Серед фороморф переважають тварини з типом пересування A1, розміри тіла яких менші, ніж розміри шпар у ґрунті або у підстилці. Трофоморфічна структура представлена зоофагами. Серед аероморф найбільш

чутливими до даної осі є геміаерофоби. Серед карбонатоморф акарбонатофіли протиставлені іншим формам.

RLQ-ось 4 має негативний зв'язок з твердістю ґрунту на всій глибині, що досліджувалася. Електропровідність та вологість ґрунту є найбільш важливими для формування даної осі. Частки ґрунту з агрегатним розміром 0,5-1 мм є найчутливішими для RLQ-осі 4. Зволоженість ґрунту серед фітоіндикаційних шкал має найбільшу кореляцію з даною вісю. Екоморфи представлені гігроморфами, серед яких, у свою чергу, виділяються гігрофіли. Ценоморфи представлені пратантами. Трофоценоморфічна складова представлена ультрамегатрофоценоморфами. Епігейні форми протиставлені іншим топоморфам. Серед фороморф найважливішими для формування RLQ-осі 4 є тип ґрунтових тварин А2, розміри тіла яких такі самі або трохи більші за розмір шпар у ґрунті чи підстилки. Фітофаги протиставлені зоофагам та сапрофагам. Серед аероморф переважають геміаерофоби, а серед карбонатоморф карбонатофоби.

Ми зупинилися на рішенні, яке включає 5 кластерів ґрунтових безхребетних, які позначили як функціональні групи А, В, С, D та Е (рис. 7.4.).

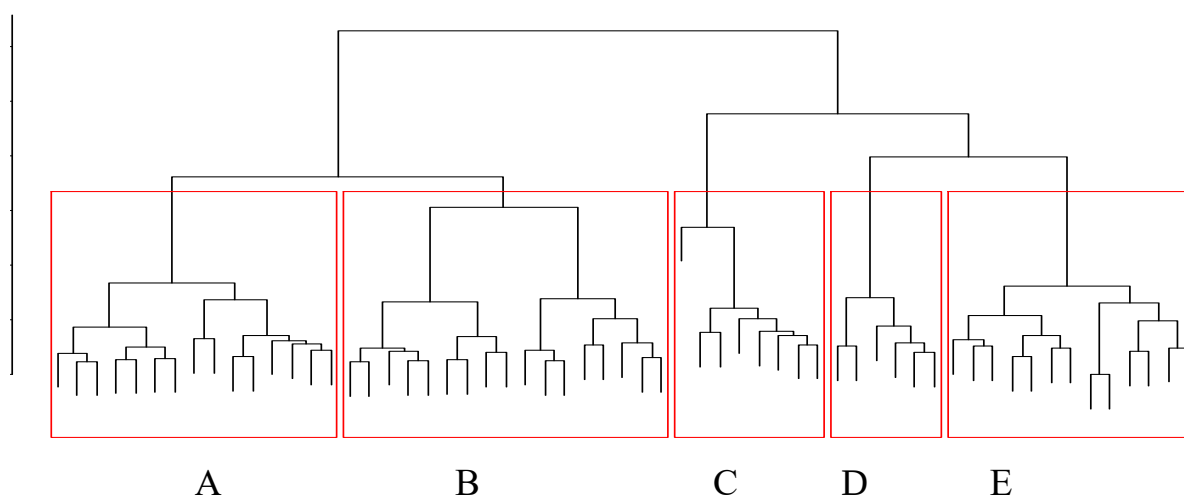


Рис. 7.4. Кластерний аналіз структури тваринного населення мезопедобіонтів (метод Варда, евклідова дистанція) А, В, С, D, Е – функціональні групи

RLQ ось 1 протиставляє представників кластеру А іншим кластерам. Ґрунтові тварини цього кластеру чутливі до твердості ґрунту на глибині 70-100 см. Серед едафічних характеристик вологість відіграє найбільшу роль для мезопедобіонтів даного кластеру. Представники цього кластеру воліють до ґрунтів з більшою

часткою агрегатного складу від 2 до 5 мм та менше 0,25 мм. Перемінність зволоження біотопу найбільш пов'язана з формуванням екологічної ніші для тварин кластеру А.

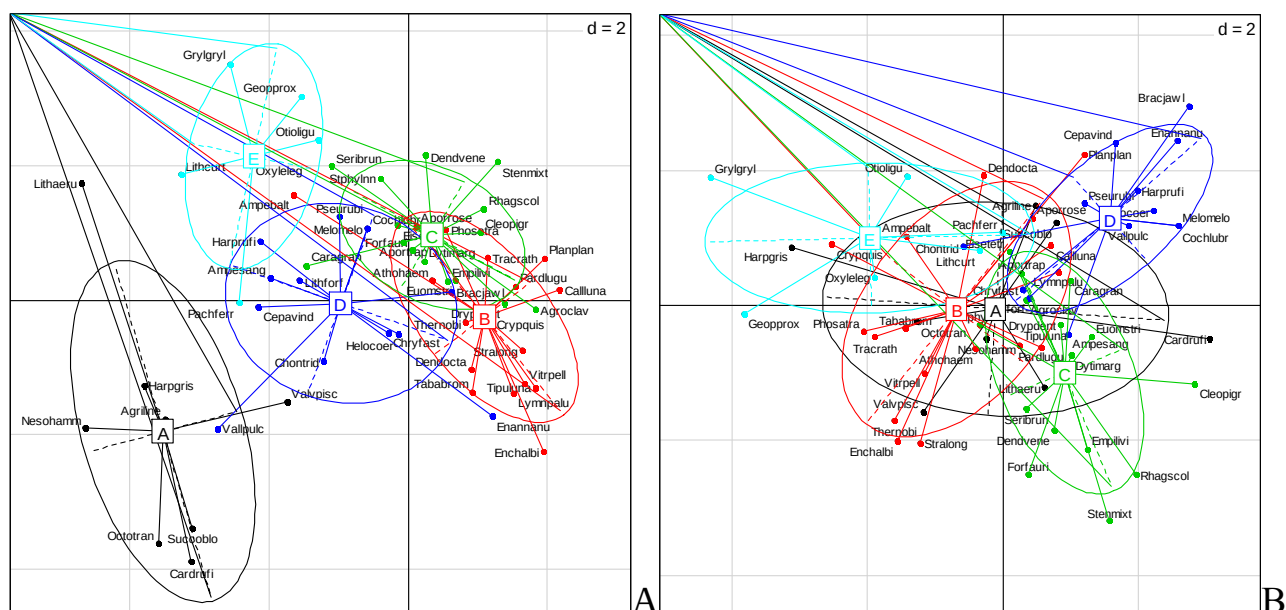


Рис. 7.5. Розташування функціональних груп мезопедобіонтів у просторі RLQ-осей А – осі 1 і 2, В – осі 3 і 4. Позначення кластерів – рис. 7.4.

Ценоморфічна складова представлена палюдантами. Серед гігроморф найбільш розповсюджені гігрофіли, меншу частку складають ультрагігрофіли. Представники кластеру А є мезотрофоценоморфами. Мезопедобіонти віддають перевагу ґрунтам, які менш насичені повітрям. Серед топоморф епігейні форми є переважними. Мезопедобіонти, що складають кластер А, представлені переважно такими тваринами, в яких розміри тіла більше порожнин в підстилці або співрозмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті. Трофоморфічна складова представлена сапро- та фітофагами. Серед карбонатоморф переважають акарбонатофіли.

RLQ ось 2 поділяє екологічний простір так, що представники кластеру Е протиставляються іншим кластерам. Починаючи з глибини ґрунту 25 см до 100 см, мезопедобіонти цього кластеру чутливі до твердості. Щільність ґрунту як едафічний показник відіграє важливу роль для представників цього кластеру. Найбільш важливими для них є ґрунт, в якому більшість займають частки розміром 1-2 мм. Щодо фітоіндикаційних шкал, то майже всі впливають певною мірою на

формування екологічних ніш для тварин цього кластеру. Однак найважливішими є шкала вмісту азоту та кислотності ґрунту.

Серед ценоморф виділяються палюданти та степанти. У гігроморфічній структурі переважають ксерофіли. Слід відзначити, що значну частку займають протилежні в екологічній потребі вмісту води у ґрунті ультрагігрофіли. Серед трофоценоморф переважають мезотрофоценоморфи. Представники цього кластеру віддають перевагу як ґрунтам з достатньо великим вмістом повітря, так і досить помірним. Мезопедобіонти кластеру Е є ендегейними формами. Для них характерне активне прокладання ходів та риття нір за допомогою кінцівок. У трофоморфічному плані вони є фітофагами. Представники цього кластеру воліють до ґрунтів, які більш насичені вуглецем.

RLQ ось 3 протиставляє мезопедобіонтів кластеру D іншим кластерам. До твердості ґрунту тварини цього кластеру чутливі у верхньому шарі (0-5 см) та на глибині 85-100 см. Температура ґрунту має для них найбільше значення серед едафічних показників. Мезопедобіонти воліють до ґрунтів, у складі яких найбільшу частку займають агрегати розміром 0,5-1 мм. Вони найбільш чутливі до вмісту азоту у ґрунті.

Представники цього кластеру є переважно палюдантами, меншю мірою зустрічаються сільванти. У гігроморфічній структурі виділяється дві групи: мезогігрофіли та ультрагігрофіли. Тварини кластеру D є мезотрофоценоморфами та геміаерофобами. У топоморфічній структурі вони представлені ендегенними формами. Переміщуються вони за допомогою активного прокладання ходів та мають С-подібну форма тіла. Представники цього кластеру харчуються переважно рослинами та віддають перевагу ґрунтам, які більшою мірою насичені вуглецем.

RLQ ось 4 протиставляє кластер С іншим. Представники цього кластеру чутливі до твердості ґрунту лише на глибині 95-100 см. Серед едафічних характеристик вологість ґрунту значною мірою впливає на цих тварин. Найбільш важливим для них є ґрунт, у якому більшість займають частки розміром 0,25-3 мм. Вологість та ступінь освітлення у біотопі найбільш впливають на формування екологічної ніші для представників кластеру С.

Мезопедобіонти цього кластеру є пратантами. У гігроморфічній структурі переважають гігрофіли, значне менше ксерофілів. Серед трофоценоморф виділяються ультрамегатрофоценоморфи та мегатрофоценоморфи. Аероморфи представлені геміаерофобами. У топоморфічній структурі переважають норники, значно менше ендемічних форм. Вони переміщуються за допомогою існуючих тріщин у ґрунті розміри їх тіла співрозмірні з тріщинами у ґрунті. Мезопедобіонти цього кластеру є сапро- та зоофагами. Серед представників кластеру С переважають тварини, що віддають перевагу ґрунтам, які меншою мірою мірі насичені вуглецем.

На рисунку 7.6. зображене просторове варіювання RLQ-осей.

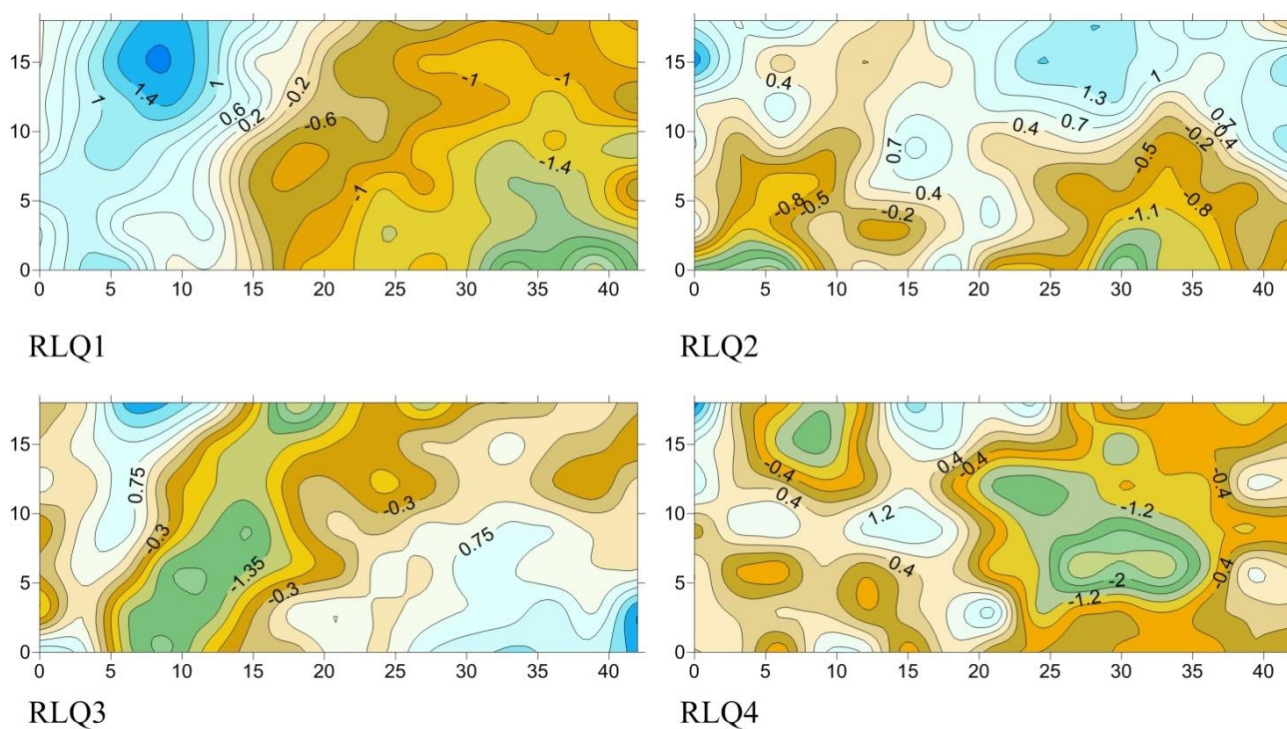


Рис. 7.6. Просторове варіювання RLQ-осей: осі абсцис і ординат – локальні географічні координати, в метрах.

На рисунку 7.6. RLQ-ось 1 позитивні значення відповідають зосередженню представників кластеру А. Ми бачимо, що вони знаходяться у лівій частині полігону. У цьому місці лугове угруповання переходить до болотного. На рисунку RLQ-ось 2 зображене зосередження ґрунтових тварин кластеру Е у нижній частині полігону. На рисунку RLQ-ось 3 відображене знаходження на полігоні

представників кластеру С. Вони займають ліву частину полігону та значну частку правої. На рисунку RLQ-ось 4 позитивні значення відповідають зосередженню представникам кластеру D. Як бачимо, вони розташовані у вигляді амебоїдної форми у лівій частині полігону.

Отже, кількісний облік ґрунтової мезофауни дозволив встановити, що угруповання мешканців луково-болотного ґрунту характеризується чисельністю $192,57 \pm 27,03$ екз./м² і представлено 59 видами. Досить висока чисельність угруповання та високе видове різноманіття у порівнянні з іншими ділянками арени р. Дніпро дозволяє розглядати екотоп, представлений луково-болотним ґрунтом, як вельми сприятливе для мезопедобіонтів місце проживання. Переважний екологічний вигляд угруповання можна охарактеризувати як луговий, гігрофільний, мегатрофоценоморфічний. У трофічній структурі угруповання всі типи харчування представлені майже у рівній частці. Досить різноманітною є структура карбонатоморф.

Екологічні фактори, що представлені едафічними характеристиками (мінливість твердості ґрунту по всьому профілю, температура, вологість і щільність ґрунту) та фітоіндикаційними шкалами, взаємодіють з просторовою організацією ґрунтових тварин. За допомогою RLQ-аналізу ми визначили зв'язок між даними показниками. Ось RLQ-1 поділяє угруповання на палюдантів та інші ценоморфи і протиставляє у топоморфічній структурі епігейні форми іншим. Ось RLQ-2 у трофоценоморфічній структурі протиставляє мезотрофоценоморфів мегатрофоценоморфам та у гігоморфічній структурі ксерофілів мезофілам. Ось RLQ-3 поділяє ґрунтових тварин на акарбонатofilів та інших представників карбонатоморф даного угруповання. Ось RLQ-4 протиставляє пратантів іншим ценоморфам у даному угрупованні.

Були встановлені функціональні групи ґрунтових тварин. Кластер А об'єднує у більшості палюдантів-фітофагів, які чутливі до ступеня зволоженості біотопу. Кластер Е представлений субаерофілами з таким типом живлення, як зоофагія. Більшість з них пересувається за допомогою існуючих тріщин у ґрунті та мають розміри тіла, які співрозмірні з тріщинами у ґрунті. Кластер D об'єднує більшість

сапрофагів та протиставляє їх іншим типам харчування. Представники даного кластеру віддають перевагу ґрунтам з помірним вмістом повітря. Представники кластеру С чутливі до ступеня зволоження екотопу та у більшості є мегатрофоценоморфами.

Організація угруповання ґрунтових тварин в екологічному просторі, заданому вісями RLQ, відображена нами у вигляді просторового варіювання RLQ-осей у географічному просторі. RLQ-ось 1 відображає перехід від лукового угруповання до болотного, що, по суті, є зміною ступеня зволоженості екотопу. Цей перехід також відображає RLQ-ось 4. RLQ-ось 2 відображає скупчення ґрунтових тварин, що є консументами. RLQ-ось 3 дає змогу побачити, що у місці переходу одного екотопу в інший знаходяться більшою мірою сапрофаги.

Висновки до розділу 7

1. Визначено, що існує чітка межа між локусами з меншими значеннями твердості ґрунту та локусами з більшими значеннями. Це може бути пояснено тим, що досліджена територія розташована на стику двох біогеоценозів – лісу та болота. На глибині 70-75 см спостерігається високий ступінь варіабельності твердості ґрунту, що підтверджується зменшенням значень на цій глибині параметрів сферичної моделі.

2. На території болота виявлено 70 видів судинних рослин. Визначено, що у межах досліджуваної катени для болотного місцеперебування характерний широкий діапазон мінливості умов вологості. В межах, де частково знаходяться деревні рослини, характерні найбільші показники по омброшкалі з лісовими біоценозами. Закономірно, що найбільш вологі умови характерні для болота. Проміжне положення в освітленості поряд з лучними біогеоценозами займають болотні.

3. У ґрунті досліджуваного полігону при ручному розбиранні проб було виявлено 58 видів ґрунтових тварин. Встановлено, що в угрупованні за чисельністю домінують пратанти (45,9%), палюданти займають другу позицію за кількістю знайдених мезопедобіонтів (34,0%). Кластерний аналіз показав, що на території

болота палюданти знаходяться з однієї сторони екологічного простору та протиставлені пратантам. Насиченість ґрунту вуглецем відображає шкала карбонатоморф: акарбонатофіли протиставляються гемікарбонатобам. У географічному просторі таким чином відображається перехід від лучного угруповання до болотного, що, по суті, є зміною ступеня зволоженості екотопу.

4. У географічному відображенні просторового варіювання RLQ-осей показує, що найбільш інформативним є зображення RLQ-осі 1, де позитивні значення відповідають зосередженню представників кластеру А. RLQ-осі 2 відображає локуси з найбільшою твердістю ґрунту, що зосереджуються у нижній частині полігону та показують ділянки, де знаходяться гігрофіли, мезотрофоценоморфи та ендегейні форми. RLQ-ось 3 відображає у географічному просторі розташування пратантів та гігрофілів. RLQ-ось 4 відображає знаходження гігрофілів, пратантів та ультрамегатрофоценоморф у правій частині полігону.

РОЗДІЛ 8.

ФІТОІНДИКАЦІЙНЕ ОЦІНЮВАННЯ КАТЕНИ УГРУПУВАНЬ ГРУНТОВОЇ МЕЗОФАУНИ ТА ЇЇ ЕКОМОРФІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ

8.1. Оцінювання екологічних градієнтів за властивостями рослинного покриву

Оцінка фітоіндикаційного аналізу едафічних і кліматичних умов полігонів, що досліджувалися, в межах катени (табл. 8.1) дозволила зрозуміти структуру варіабельності екологічних режимів [40]. Коефіцієнт мінливості едафічних властивостей знаходиться в межах 8,84-43,35%, а кліматичних – 4,47-16,93%.

Умови зволоження змінюються від сухостепового (5,76) до болотно-лісолугового (17,72) режимів. Найпосушливішими є ґрунти піщаного степу, а найвологішими – болота. Також для полігону псамофітного степу характерна найбільша варіабельність умов зволоження. Для екотопу, що розташований на території в'язо-осокирника з розхідником, найбільш характерні гідроконтрастофоби. Вони віддають перевагу сирым або вологим лісолуговим біогеоценозам з рівномірним стійким зволоженням [25]. Типовою екологічною групою в межах катени є гемігідроконтрастофоби, що характерні для свіжих лісолугових екотопів з помірно нерівномірним зволоженням кореневого шару ґрунту [25]. Лісові біогеоценози на досліджуваних територіях характеризуються подібністю водних умов.

За умовами трофності ґрунт досліджуваної катени відноситься до категорії небагатих ґрунтів. Цей режим змінюється від бідних (4,18) до багатих / слабкозасолених ґрунтів (10,59). В умовах піщаного степу характерна широка варіабельність сольового режиму. Мезотрофна група рослин формується в ґрунтах луки та чорнокленового дубняку з грястицею, а семіоліготрофна знаходить найбільш сприятливі умови у в'язо-осокирнику з розхідником. Розташування результатів геоботанічних описів у просторі шкал вологості і сольового режиму представлені на рисунку 8.1.

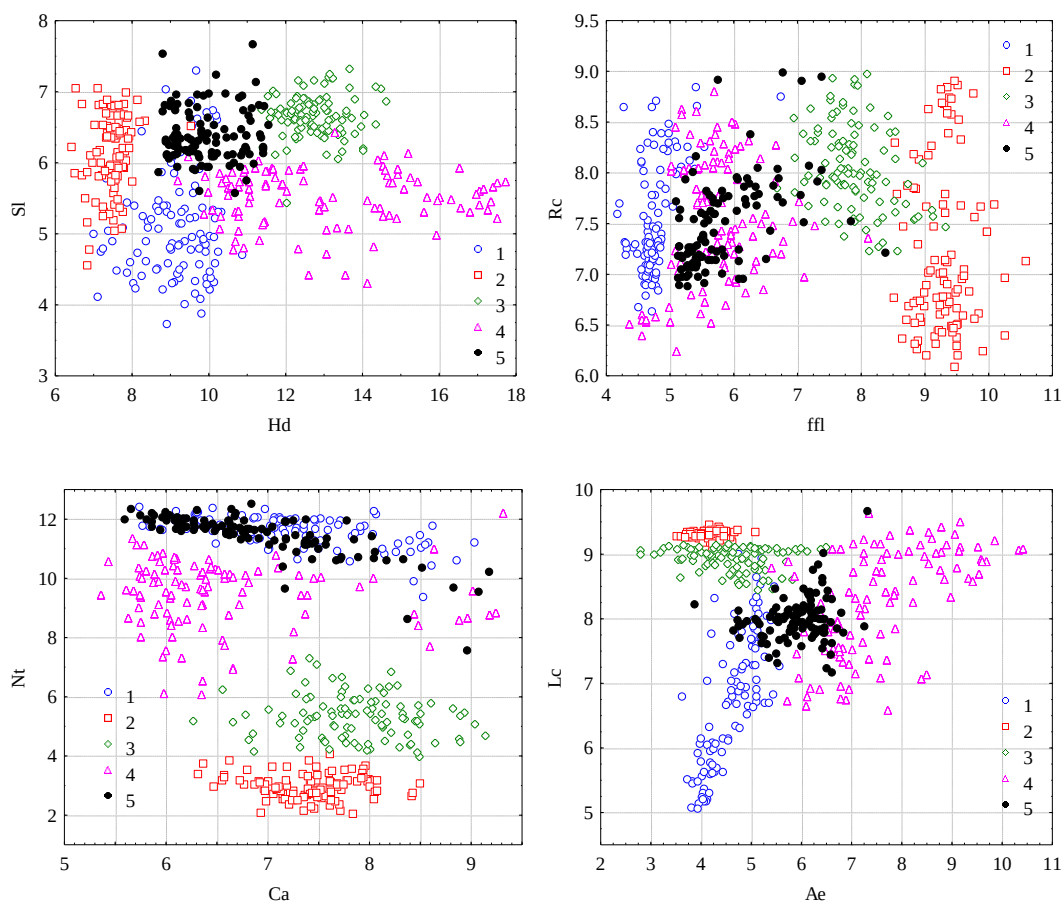


Рис. 8.1. Розташування геоботанічних описів у просторі едафічних фітоіндикаційних шкал і мікрокліматична шкала освітленості: 1 – в'язо-осокирники з розхідником; 2 – піщаний степ; 3 – луки; 4 – болото; 5 – чорнокленовий дубняк з грястицею (б. Орлова); Hd – зволоження едафотопу, fH – змінність зволоження, Ae – аерація, Rc – режим кислотності, S1 – сольовий режим, Ca – вміст карбонатних солей, Nt – утримання засвоюваних форм азоту.

Умови кислотності на територіях, що досліджувалися, властиві для слабкокислих та нейтральних ґрунтів. Цей показник варіює від кислих/слабокислих до слабколужних ґрунтів ($pH = 7,2-8,0$). Для піщаного степу характерний найменший рівень кислотності ґрунту, де серед рослин переважають субацидофіли; а для луку – найбільший рівень кислотності ґрунту, де нейтрофіли віддають перевагу подібним умовам.

У межах дослідженої катени знаходиться широкий діапазон вмісту карбоната, тому сприятливі умови знаходять як карбонатофоби, так і гемікарбонатофіли. Найрозповсюдженими на території біогеоценозів є акарбонатофіли, які зростають на нейтральних ектопах з малим вмістом карбонатів у ґрунті. Найбільш насичений

грунт карбонатами характерний для лугового біогеоценозу, а найменший – для болотного.

Одним з показників трофності ґрунту є вміст засвоюваних форм азоту. Для досліджених полігонів найтипівішими є умови, що сприятливі для нітрофілів. Для піщаного степу характерний найменший рівень азотного живлення, а найбільший – для чорнокленового дубняка з грястицею та в'язо-осокірника з розхідником.

Показник аерації вказує на характер кругообігу повітря між атмосферою на ґрунтом. Аерація необхідна як для розвитку рослин, так і для тваринного населення ґрунту. Умови едафотопу псамофітного степу, луки та в'язо-осокірника формують угруповання субаерофілів. Найменш аеровані є болотні ґрунти, де переважають субаерофоби-аерофоби. Ґрунтам біогеоценозу балки Орлова найбільш властиві геміаерофоби.

Для дослідженої катени характерний режим освітленості, що сприятливий для субгеліофітів. Найосвітленішим є полігон, що розташований на території піщаного степу, де розповсюджені геліофіти. Найменш освітлений біогеоценоз – в'язо-осокірник з розхідником, де умови знаходяться у межах, що сприятливі як для гемісціофітів, так і для геліофітів.

Терморезим – показник, що показує, яка кількість тепла отримує деяка територія поверхні за певний період (радіаційний баланс – $\text{мДж} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{рік}^{-1}$) [27]. Для дослідженої катени середній показник терморезиму становить 10,05, що відповідає найкращім умовам для субмезотремів. Терморезим в межах досліджених територій варіює від 8,61 до 11,64. Найменший рівень теплозабезпеченості характерний для піщаного степу (9,32). Максимальний рівень приходить на чорнокленовий дубняк у балці Орловій (10,96), де формуються сприятливі умови для мезотерм (рис. 8.2.).

Омброрезим пов'язаний зі ступеню аридно-гумідного клімату та відображає вологість повітря, а також зумовлює кількість опадів та вологість ґрунту [62]. Даний показник об'єднує процеси впливу опадів і термічних ресурсів [28]. На досліджених полігонах катени середнє значення фітоіндикаційної шкали омброклімату 12,50, що формує умови для субаридофітів. Фітоіндикаційні оцінки омброклімату змінюються

у межах від 10,13, що оптимально для мезоаридофітів, до 15,05, де формуються найкращі умови для мезоомброфітів. Максимальні показники за шкалою омброклімату характерні для в'язо-осокірника, чорнокленового дубняку і болота, мінімальні – для піщаного степу.

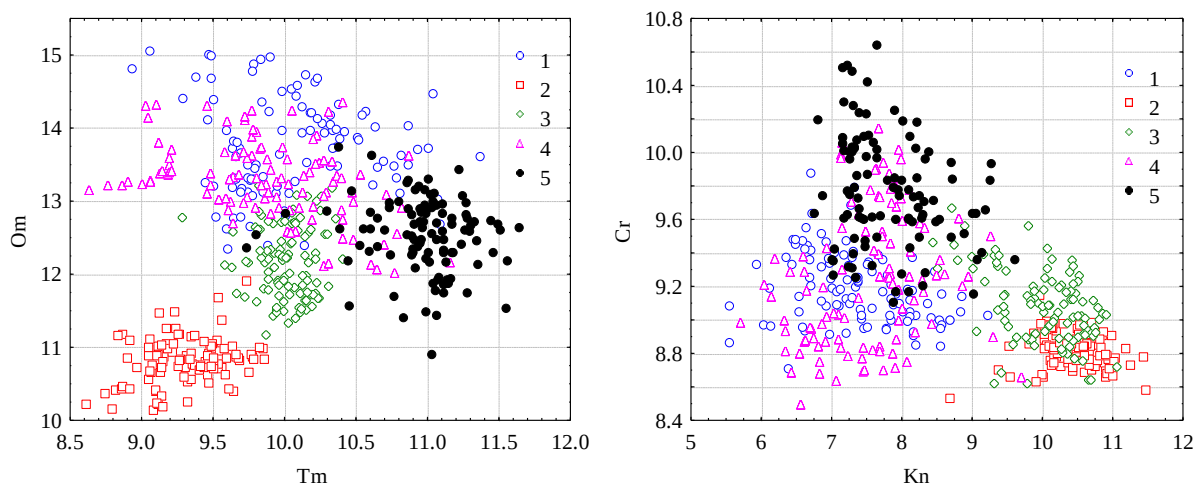


Рис. 8.2. Розташування геоботанічних описів у просторі кліматичних фітоіндикаційних шкал

Шкала континентальності клімату відбиває взаємовідносини між великим площам моря і суші на атмосферу і кліматоутворюючим факторами [27]. Середнє значення даного показника для дослідженої катени – 8,64, що тотожно геміконтинентальному типу. Фітоіндикаційні показники континентальності змінюються від 5,55 (субокеанічний тип) до 11,49 (субконтинентальний тип). Максимально високими значеннями показника континентальності характерні для піщаного степу і луку, а мінімальні характерні для інших полігонів [66].

Кріорежим (морозність) – важливий кліматичний фактор, що відбиває ступінь морозності клімату. Середнє значення для територій, що вивчалися, становить 9,21. В подібних умовах проживають гемікріофіти. Даний показник змінюється від 8,49 (–5,65° С, оптимум для субкріофітів) до 10,64 (2,58° С, оптимум гемікріофітів). Максимальне значення кріоклімату встановлено для псамофітного степу, а мінімальне – для чорнокленового дубняку.

Оцінювання показника режиму вологості ґрунту відбиває його варіювання від суховатих умов, де спостерігається найбільше мезоксерофітів, до мокрих умов, що

характерні для місцяпроживання ультрагігрофітів (рис. 8.3.). Найсухіші умови властиві для піщаного степу, а максимально вологі – для болота. Лугові та лісові біогеоценози сприятливі для мезогігрофітів.

Оцінювання показника режиму трофності ґрунту відбиває варіювання від бідних ґрунтів, що характерні для оліготрофів (піщаний степ), до родючих (в'язо-осокірник з грястицею), що сприятливі для мегатрофів.

Світловий режим відбиває умови освітлювання рослин. Даний показник змінюється від напівтіньового, де формуються умови для геліосціофітів, до освітленого, що сприятливий для геліофітів. Лісові угруповання відносяться до біогеоценозів з затіненими умовами, болото та лук – до проміжного освітлення та псамофітний степ – до освітленої території.

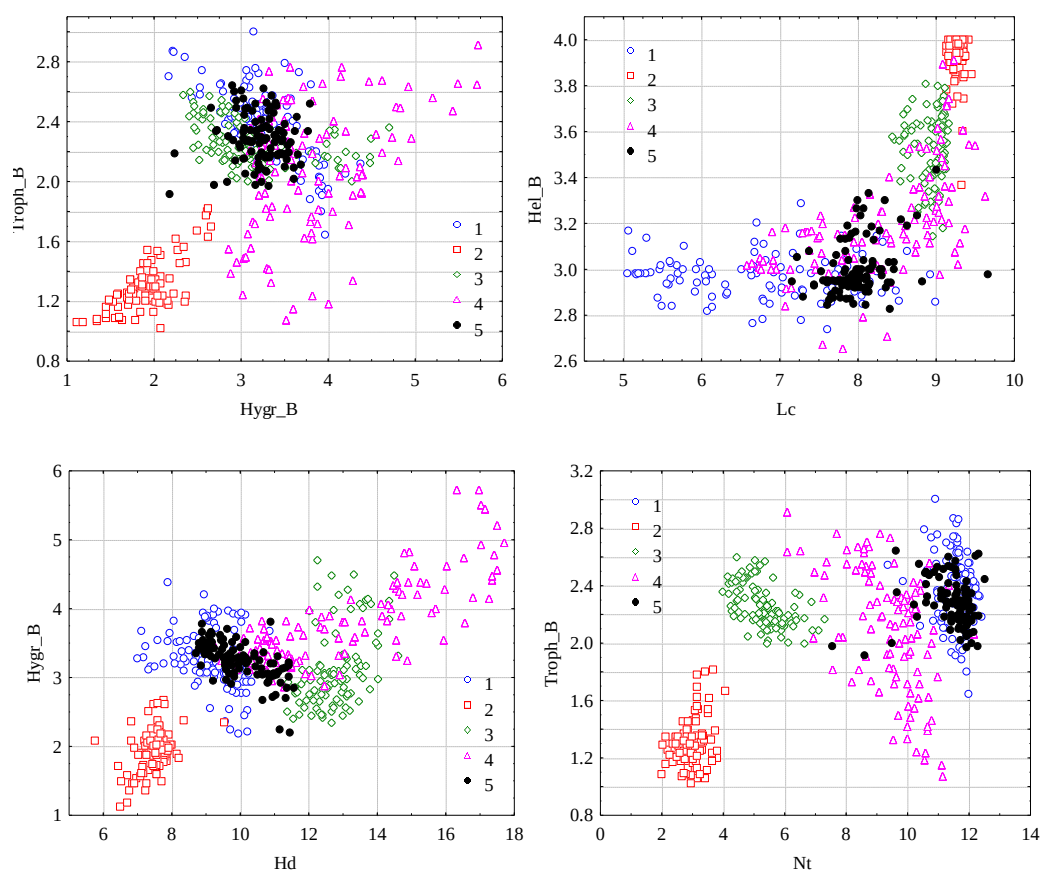


Рис. 8.3. Розташування геоботанічних описів у просторі оцінок гігротопу і трофотопу за екоморфами О. Л. Бельгарда та порівняння фітоіндикаційних шкал з аналогічними оцінками за екоморфами Я. П. Дідуха.

Умовні позначення: позначення біогеоценозів - див. Рис. 1; Hygr_B - оцінка гігротопу; Troph_B - оцінка трофотопу; Hel_B - оцінка геліотопу.

Нами проведено порівняння екоморф О. Л. Бельгарда (1950) і фітоіндикаційних шкал Я. П. Дідуха (2012) для оцінки подібних особливостей екотопу. Зіставлення оцінки світлового режиму та фітоіндикаційної шкали Lc відбило кореляцію цих показників ($r = 0,72$, $p = 0,00$).

Фітоіндикаційна шкала вологості і оцінка вологості екотопу також відбивають високу кореляцію між собою ($r = 0,66$, $p = 0,00$). Розгляд діаграми розсіювання (рис. 8.3) показує, що при загальному тренді позитивної кореляції на рівні окремих досліджених ділянок зв'язок має протилежний характер. Так, для піщаного степу, луки і болота ($r = 0,40$, $p = 0,00$; $r = 0,43$, $p = 0,00$; $r = 0,79$, $p = 0,00$ відповідно), а для в'язо-осокирника з розхідником і чорнокленового дубняку ($r = -0,29$, $p = 0,003$ і $r = -0,65$, $p = 0,003$ відповідно). Ми бачимо, що для трав'янистих угруповань характерна позитивна кореляція між фітоіндикаційними оцінками вологості і бальною оцінкою вологості екотопу, а в лісових угрупованнях – зворотний.

Показник трофності характеризується такими фітоіндикаційними шкалами: Rc, Sl, Ca, Nt. Показник вмісту карбонатів не має зв'язку з трофністю за трофоморфами ($r = -0,01$, $p = 0,88$). Незначний негативний взаємозв'язок спостерігається між бальною оцінкою трофотопу і фітоіндикаційною оцінкою вмісту солей ($r = -0,07$, $p = 0,01$), а з оцінкою кислотності – позитивна кореляція ($r = 0,24$, $p = 0,00$). Максимальний зв'язок спостерігається між оцінюванням трофотопу і фітоіндикаційною оцінкою вмісту засвоюваних форм азоту ($r = 0,60$, $p = 0,00$). На досліджених територіях оцінка трофотопу у найвищій мірі відбиває достатній рівень рослинного покриву доступними формами азоту. Для псамофітного степу зв'язок позитивний ($r = 0,31$, $p = 0,001$), для в'язо-осокирника, луки та болота – негативний ($r = -0,19$, $p = 0,05$; $r = -0,53$, $p = 0,00$, $r = -0,51$, $p = 0,00$ відповідно), а для чорнокленового дубняку кореляції не виявлено ($r = -0,06$, $p = 0,53$).

Аналіз взаємозв'язку між матрицями, що були знайдені у процесі різноманітних процесів перетворення даних ценоморфічної складової фітоценозів і конфігураціями дистанцій фітоіндикаційних шкал та екоморф, показав, що найкращім методом перетворення є балансовий (табл. 8.1.).

Таблиця 8.1

Тест Мантеля між матрицею, отриманою після лог-трансформації композитних даних за ценоморфічною структурою рослинних угруповань і матрицями відстаней фітоіндикаційних шкал і екоморф

Базиси трансформації	Тест Мантеля	<i>p</i> -рівень
Базовий	0,17	0,001
Балансовий	0,23	0,001
Оптимальний	0,17	0,001
Pbhclust	0,15	0,001
Pbmaxvar	0,16	0,001
Pbangprox	0,11	0,001

Примітка - * матриця географічних відстаней в якості керуючої змінної

За допомогою матриці вкладів змінних в обчислення лог-трансформованих змінних по балансовому алгоритму можна змістовно пояснити нові змінні, які отримані після перетворення композитних даних (табл. 8.2.).

Таблиця 8.2

Матриця вкладів змінних в обчислення лог-трансформованих змінних за балансовим алгоритмом

Змінні	Лог-трансформовані змінні					
	ilr1	ilr2	ilr3	ilr4	ilr5	ilr6
Pal	-0,71	0,00	0,00	0,00	0,50	0,33
Pr	0,71	0,00	0,00	0,00	0,50	0,33
Ps	0,00	-0,71	0,00	0,00	-0,50	0,33
Ptr	0,00	0,71	0,00	0,00	-0,50	0,33
Ru	0,00	0,00	-0,71	0,41	0,00	-0,44
Sil	0,00	0,00	0,71	0,41	0,00	-0,44
St	0,00	0,00	0,00	-0,82	0,00	-0,44

За допомогою катенового підходу, який визначає систематизування пробних ділянок вздовж певного градієнта, ми виявили фактори навколишнього середовища, що призводять до екологічних розрізень біогеоценозів, що вивчалися (Додаток 6). Показником даного аналізу зазвичай виступає висота рельєфу. Пробна ділянка

«Псамофітний степ» розташована на вершині дюнного пагорба, а пробні площі «Луг» і «Болото» – поблизу р. Проточі.

Канонічний корінь 1 максимально пов'язаний з протилежною кореляцією перемінності зволоження та насиченості ґрунту доступними формами азоту. Визначено, що ця вісь протиставляє угруповання псамофітного степу, для котрих властиве у великій мірі варіювання режиму зволоження і низький рівень забезпеченості ґрунту азотом, лісовим та болотному біогеоценозам (рис. 8.4.).

Канонічний корінь 2 пояснює розділ досліджених ділянок за градієнтом вологості і мінерального живлення. Ця вісь позитивно пов'язана з показниками вологості ґрунту (Hd, Hygr_B), трофності екотопу (Rc, Sl, Troph_B) та ценотичними особливостями рослинного покриву. Також вона позитивно корелює з ilr_1 (співвідношення палюдантів і пратантів) і ilr_5 (співвідношення палюдантів і пратантів та псамофітів і петрофітів), а негативно – з ilr_3 (співвідношення рудерантів і сільвантів) і ilr_4 (співвідношення степантів та рудерантів і сільвантів). Ця вісь протиставляє лугове угруповання іншим.

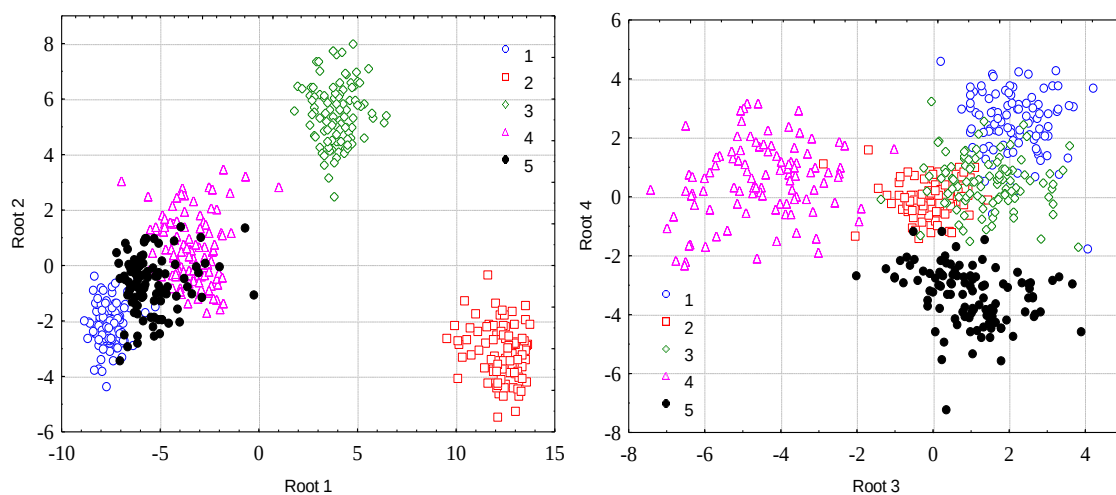


Рис. 8.4. Розташування геоботанічних описів у просторі дискримінантних функцій

Канонічний корінь 3 має зв'язок з аерацією ґрунту і її вологостю, а також з ценоморфічною структурою. Найбільшим взаємозв'язком різниться змінна ilr_4, яка

відбиває взаємозалежність степантів, з одного боку, рудерантів і сільвантів – з іншого. Вимір 3 протиставляє болото іншим біогеоценозам.

Канонічний корінь 4 чутливий до сукупності кліматичних фітоіндикаційних шкал (термоклімату, омброклімату, кріоклімату і освітленості, а також до мінералізації ґрунтового розчину і забезпеченості ґрунту доступними формами азоту). Ця вісь розрізняє в'язо-осоокірник з грястицею і чорнокленовий дубняк.

Отже, на території полігонів, що розташовані у межах катени, визначаються чотири значних факторів навколишнього середовища: градієнт трофності, вологості, аерації і мікрокліматичних особливостей. Ці впливи виражені у вигляді значення канонічних осей та можуть використовуватися для визначення ступеню зв'язку цих факторів з метаугрупованням.

8.2. Ординація угруповань мезопедобінтів засобами неметричного шкалювання

Нами використано неметричне багатовимірне шкалювання для узгодження метаугруповання представників ґрунтової мезофауни. Даний метод – один з найкращих робастних процедур непрямого розподілу [186]. Робастість – ефективність методу надавати певні дані тоді, коли ставляться під сумнів положення його основи. Даний метод може бути використаним для завдань з будь-якими властивостями взаємозв'язку біоти та чинниками довкілля.

Проте використання неметричного багатовимірного шкалювання має певну специфіку. Вихідні дані можуть розрізнятися, це залежить від обраного способу трансформації показників. Також даний аналіз є багаторазовим повторенням операції без однозначного вияву розв'язання задачі. Таким чином, використання цього методу має на увазі дослідження різних способів рішення та обирання найкращого, яке є у певній мірі незалежним способом узгодження угруповання [186].

Для встановлення оптимальної метрики відмінності-подібності можливе припущення – одержана модель має відзначатися найбільшим взаємозв'язком з властивостями довкілля [120]. Розглядалися такі метрики: евклідова, манхеттенська,

Гувера, Брея-Куртиса, Кульчинського, Морісіта, Горна-Морісіта, Біноміальна, Као, Жаккар, Маунфорда, Рауп-Крика, Канберра, Чао.

Відомо, що первісна обробка вихідних показників може змінювати результати операції [177]. Також використовуються такі способи зміни: трансформація Хеллінджера, вісконсіанська трансформація, χ^2 -трансформація та витяг логарифма або кореня квадратного. У таблиці 8.4. відображені результати обчислення кореляції Спірмена з матрицями дистанцій між сайтами відбору проб, що були визначені за видовою різноманітністю ґрунтової мезофауни і матрицями дистанцій, обчисленими на основі властивостей довкілля.

Результати аналізу демонструють те, що максимальним взаємозв'язком з факторами навколишнього середовища характеризується матриця на основі метрики Брея-Куртиса з попереднього перетворення даних за Хеллінджером [178]. Кількість вимірювань залежить від оцінки швидкості зміни стресу при збільшенні числа вимірювань.

Таблиця 8.4

Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена матриць заходів відмінності-подібності між сайтами відбору проб за таксономічною матрицею рослин і змінних навколишнього середовища

Метрика	Спосіб трансформації даних										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Евклідова	0.07	0.16	0.17	0.23	0.13	0.12	0.34	0.13	0.36	0.29	0.19
Манхеттенська	0.09	0.15	0.15	0.36	0.15	0.13	0.28	0.15	0.30	0.31	0.36
Гувера	0.15	0.16	0.17	0.22	0.15	0.15	0.23	0.15	0.22	0.22	0.19
Брея-Куртиса	0.37	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.41	0.39	0.37
Кульчинського	0.35	0.36	0.36	0.37	0.36	0.35	0.36	0.36	0.39	0.39	0.37
Морісіта	—	—	—	—	0.00	0.08	—	0.00	—	0.29	—
Горна-Морісіта	0.35	0.36	0.37	0.35	0.36	0.35	0.35	0.36	0.37	0.38	0.36
Као	0.33	0.36	0.37	0.15	0.15	0.28	0.20	0.15	0.22	0.24	0.05
Жаккара	0.37	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.39	0.39	0.37
Моунфорда	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Раупа-Крика	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Канберра	0.36	0.37	0.38	0.39	0.36	0.36	0.38	0.36	0.39	0.39	0.37
Чао	0.38	0.38	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.39	0.39	0.37
Махаланобіса	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.06

Умовні позначення: 1 - дані не трансформовані; 2 - логарифмовані дані; 3 - корінь квадратний; 4 - дані, поділені на маргінальну суму; 5 - дані, поділені на маргінальний максимум; 6 - дані, поділені на маргінальну суму і помножені на число ненульових значень; 7 - нормалізовані

дані (маргинальна сума квадратів значень дорівнює 1); 8 - стандартизовано до діапазону 0-1; 9 - перетворення Хеллінджера; 10 - χ^2 -трансформація; 11 - вісконсіанська трансформація.

У випадку, коли при зростанні числа операцій здійснюється неспішне зменшення стресу, то при такому збільшенні числа не настає суттєвого поліпшення характеристики зображення. Отже, різкий перегин кривої стрес-число обчислень може показувати оптимальне рішення. При застосуванні диференційного стресу [122] – різницю показників стресу між сусідніми числами вимірювань (рис. 8.5.).

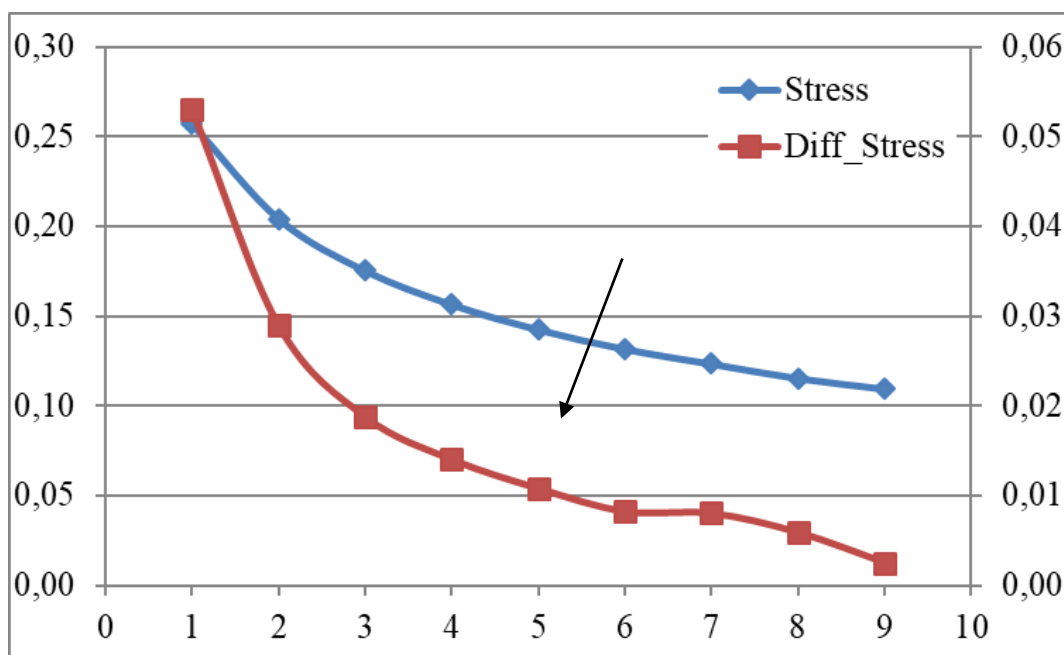


Рис. 8.5. Залежність стресу і диференціального стресу від числа вимірювань

Умовні позначення: вісь абсцис - число вимірювань; вісь ординат - стрес (Stress, зліва) та диференційний стрес (Diff_Stress, праворуч). Стрілка вказує на зону різкого перегину диференціального стресу.

Виконаний аналіз обчислення говорить про те, що спосіб багатовимірного шкалювання з шістьма багатовимірними вимірами у повній мірі обґрунтовує зображення первинного масиву даних організації ґрунтових тварин. Багатовимірний розрахунок відтворює направлення варіабельності угруповання ґрунтової мезофауни та може трактуватися за допомогою властивостей довкілля, що позначаються його екоморфічними характеристиками та фітоіндикаційними шкалами (Додаток 6)

Визначено, що вимірювання 1 максимально пов'язане з обставинами трофності едафотопу, вимірювання 2 пояснюється вологістю, вимірювання 3 – режимом аерації ґрунту, 4 – кількістю карбонатів. Також вимірювання 5 та 6 мають складну структуру, яку важко пояснити. Взаємозалежність даних вимірювань від властивостей довкілля зображено на рисунку 8.6.

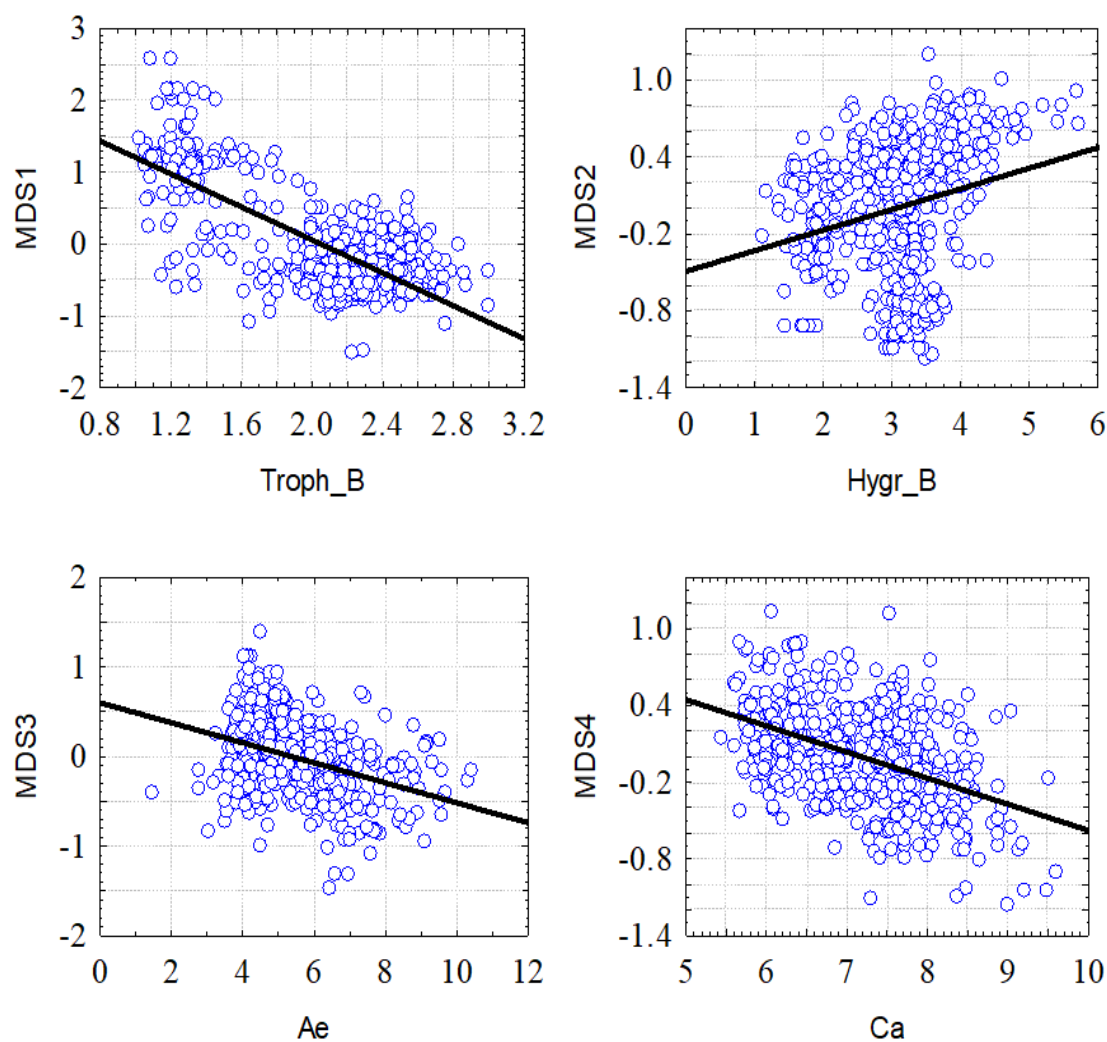


Рис. 8.6. Залежність багатовимірних шкал 1-4 від найбільш інформативних для їх визначення факторів середовища

Отже, тенденція зміни організації ґрунтових тварин має зв'язок з градієнтами трофності та вологості едафотопу. Угрупування представників мезофауни, для яких

характерні певні умови при відповідних режимах трофності та вологості, називаються трофоценоморфи і гігроморфи відповідно [35, 50]. Аналіз багатовимірною шкалювання виміру 3 та 4 пояснює важливість при формуванні метабіогруповання ґрунтових тварин режиму аерації та карбонатність ґрунтового покриву.

Висновки за розділом

1. Показано, що класичний катеніарний підхід для вивчення ландшафтної та біогеоценотичної різноманітності може бути доповнений оцінкою екологічних режимів за допомогою фітоіндикаційного оцінювання та екоморфічного аналізу рослинного покриву. Виявлені ординати екологічних режимів виступають градієнтами, в просторі яких розглядається варіювання структури угруповань ґрунтових тварин. Інформаційно цінні маркери рослинного покриву (фітоіндикаційні шкали та екоморфи) можуть використовуватися як аналітичні змінні для оцінки індикаційних властивостей тваринного населення ґрунтів. Екоморфи ґрунтових тварин відображають основні аспекти структурної організації їх угруповань і можуть бути інформаційно-цінними індикаторами властивостей і режимів ґрунту як місця існування живих організмів.
2. У результаті фітоіндикаційного оцінювання едафічних і кліматичних умов на полігонах дослідженої катени виявлено, що найбільшою мінливістю умов зволоження та сольового режиму і найменшим рівнем азотного живлення характеризується псамофітний степ; для екотопу в'язо-осокирника з розхідником властиві умови, що сприятливі для гідроконтрастофобів, семіоліготрофів та мезогігрофітів; для чорнокленового дубняку з грястицею характерні субксерофітні-мезофітні види рослин та мезотерми; біогеоценоз луки має найбільш сприятливі умови для мезогігрофітів та мезотрофів; на території полігону болотного місцеперебування сприятливі умови для гідроконтрастофілів, для даної території характерне проміжне положення в освітленості поряд з лучним біогеоценозом.
3. За допомогою багатовимірною шкалювання виявлено шість факторів навколишнього середовища, що можуть пояснити мінливість метабіогруповання

мезопедобіонтів у межах вивченої катени. Вимірювання 1 найбільшою мірою може бути пояснено градієнтом умов трофності едафотопу, вимірювання 2 – вологістю, вимірювання 3 – режимом аерації ґрунту, 4 – кількістю карбонатів. Вимірювання 5 та 6 мають складну факторну природу, яку складно інтерпретувати змістовно.

ВИСНОВКИ

1. У біогеоценозах катени у межах природного заповідника «Дніпровсько-Орільський», виявлено 190 видів судинних рослин. Найбільшим видовим багатством рослинності характеризується лучний біогеоценоз, а найбіднішим за видовим різноманіттям є в'язо-осокірник з розхідником. Найбільші значення твердості, щільності та температури ґрунту встановлені для псамофітного степу (0,65–4,72 мПа, 1,39 г/см³ та 23,9°C відповідно), а найменші – для болотного біогеоценозу (0,8–3,04 мПа та 0,72 г/см³). Також для болотного біогеоценозу характерні найбільші значення вологості ґрунту (39,9%) та рівень корененасиченості (16,0%).

2. Визначено, що загальне видове багатство ґрунтової мезофауни біогеоценозів у межах дослідженої катени склало: 14 типів, 29 класів, 45 рядів, 126 родин та 139 видів. Найбільш різноманітними за видовим складом ґрунтових тварин є біогеоценоз чорнокленового дубняку з грястицею (59 видів) та болотного угруповання (58 видів). Найменша кількість видів встановлена для псамофітного степу (29 видів).

3. Виявлено, що найбільша мінливість умов зволоження ($r = 0,40$) та сольового режиму ($r = 0,63$) і найменший рівень азотного живлення ($r = 0,31$) на території природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський» характерні для екотопу піщаного степу. На досліджуваній території встановлені чотири функціональних групи мезопедобіонтів: перша група маркується розташуванням в екологічному просторі сільвантів; друга – маркується псамофітами та фітофагами і пов'язана зі степовою рослинністю; третя група представлена тваринами, що віддають перевагу луговим умовам; четверта група маркується гігрофілами серед гігроморфічної складової екоморф.

4. Ординація угруповання мезопедобіонтів дозволила встановити вплив твердості, температури, вологості та щільності ґрунту на просторове варіювання ґрунтової мезофауни. Найменшою мінливістю умов зволоження ($r = -0,23$) та високим рівнем азотного живлення ($r = -0,19$) характеризується екотоп в'язо-осокірника з розхідником. В угрупованні мезопедобіонтів дослідженого біогеоценозу виявлено

дві функціональні групи. З одного боку – це комплекс фітофагів, які пов’язані з ділянками із степовою псамофітною рослинністю, з іншого боку – комплекс зоофагів, які найчастіше зустрічаються на ділянках з переважанням сільвантів.

5. Визначено, що серед функціональних груп чорнокленового дубняку з грястицею переважають субксерофітні–мезофітні форми та мезотерми. В метаугрупованні ґрунтових тварин на території дослідженого біогеоценозу у ценоморфічному аспекті пратанти (29,4%) є антагоністами степантам (61,2%), а палюданти (2,5%) – є антагоністами сільвантам (6,8%). Ці взаємозв’язки дозволяють відобразити у географічному просторі перехід лісового фітоценозу в степовий.

6. Встановлено, що у лучному біогеоценозі сформовані найбільш сприятливі умови для мезогігрофітів ($r = 0,54$) та мезотрофної групи рослин ($r = 0,30$). Найвище проективне покриття рослинності та високе видове різноманіття, порівняно з іншими ланками катени, позитивно корелює з багатством та різноманіттям угруповань ґрунтових тварин. RLQ-вісі поділяють екологічний простір у ценоморфічному аспекті на пратантів та степантів, а у аспекті трофічної структури – сапрофагів та фітофагів.

7. Визначено, що у болотному біогеоценозі серед ґрунтових тварин RLQ-вісь поділяє екологічний простір між палюдантами та пратантами, а також між акарбонатофілами та гемікарбонатофобами. Виявлено, що у межах дослідженої катени для болотного місцеперебування характерний широкий діапазон мінливості умов вологості ($r = 0,79$) та помірний режим освітлення. Екотонний перехід між лучним та болотним угрупованнями супроводжується перебудовами екоморфічної структури мезопедобіонтів, які віддзеркалюють збільшення рівня зволоженості екотопу та погіршення режиму аерації.

8. Процедура багатовимірного шкалювання метаугруповання досліджуваних біогеоценозів у межах катени показала, що на просторове варіювання ґрунтової мезопедобіоти найбільшою мірою впливають такі фактори навколишнього середовища, як трофність ($r = 0,61$) та режим зволоження едафотопу ($r = 0,47$), режим аерації ґрунту ($r = 0,6$) та вміст у ньому карбонатів ($r = 0,7$).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алеев Ю. Г. Экоморфология. К.: Наук. думка, 1986. С. 27–34.
2. Апарин В.Ф. Почвы и биоразнообразие. Теоретические основы биоразнообразия, материалы семинара 19-20 мая 2000 г., СПбГУ. СПб. С. 23–26.
3. Апостолов Л. Г. Вредная энтомофауна лесных биогеоценозов Центрального Приднепровья. К.: Вища школа, 1981. 232 с.
4. Барсов В. О. Оцінка сучасного стану булавовоусих лускокрилих Дніпровсько–Орільського заповідника. Заповідна справа в Україні. 2001. Т. 7, Вип. 1. С. 39–43.
5. Бахнов В.К., Гамзиков Г.П., Ильин В.Б. и др. Методологические и методические аспекты почвоведения. Новосибирск, 1988. 168 с.
6. Бельгард А. Л. Лесная растительность юго-востока УССР. Киев.: Изд-во КГУ, 1950. 263 с.
7. Бельгард А. Л. Степное лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1971. 336 с.
8. Бузук Г. Н., Созинов О.В. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д.Н. Цыганова). Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Ин–т эксперимент. бот. НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2009. Вып. 37. С. 356–362.
9. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М., Агропромиздат. 1986. 416 с.
10. Вільямс В.Р. Розвиток первинного ґрунтоутворювального процесу. Зібрання творів М.: Сільгоспгиз. Т.:6 1951, 284 с
11. Высоцкий Г. Н. О гидроклиматическом значении лесов для России. Избр. соч. М.: АН СССР, 1960. Т. 2. С. 125–150.
12. Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф. Пески и песчаные почвы. М., ГЕОС. 1999. 255 с.
13. Ганжа Д.С. Кунах О.Н., Жуков А.В., Новикова В.А. Экоморфическая организация чернокленовников в псамофильной степи на арене р. Днепр. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Д. 2015, Вип. 44. С. 110–126.
14. Геннадиев А. Н., Касимов Н. С. Латеральная миграция вещества в почвах и почвенно–геохимические геокалены. Почвоведение. М., 2004. № 12. С. 1447–1461.

15. Геннадиев А.Н., Глазовская М.А. География почв с основами почвоведения. М.: МГУ, 1995. 463 с.
16. Гиляров М. С., Стриганова Б. Р. Животное население почвы и его роль в создании почвенного плодородия. 100 лет генетического почвоведения. М.: Наука, 1986. – С. 96–104.
17. Гиляров М. С. Закономерности приспособления членистоногих к жизни на суше. М.: Наука, 1970. – 275 с.
18. Гиляров М.С. Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 279 с.
19. Горбань В.А. Екологічні властивості ґрунтів: теоретичні аспекти // Екологія та ноосферологія. 2007а. Т. 18, № 3-4. С. 53-60.
20. Горбань В. А. Зв'язок водопроникності ґрунтів з іншими їхніми фізичними властивостями у лісових угрупованнях Присамар'я // Вісник Львів. ун-ту. Сер. біологічна. – 2007б. – Вип. 43. – С. 161-165.
21. Горбань В. А. Фізичний стан ґрунтів як екологічний фактор // Ґрунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 3-4. – С. 102-111.
22. Горбань В. А. Фізичні властивості ґрунтів та підстилок лісових біогеоценозів степової зони України // Біогеоценологічні дослідження лісів степової зони України. – Дніпро: Вид-во «Свідлер А.Л.», 2016. – С. 142-154.
23. Демидов А. А, Кобец А. С., Грицан Ю. И., Жуков А. В. Пространственная агроэкология и рекультивация земель: монография. Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А.Л.», 2013. 560 с.
24. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика. М.: Наука, 2010. С. 25-59.
25. Джеррард А.Дж. Почвы и формы рельефа Л.: Недра., 1984. 208 с.
26. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М., Колос, 1972. 359 с.
27. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. К.: Наукова думка, 2012. 344 с.
28. Дідух Я.П. Етюди фітоекології. К.: Арістей, 2008. 286 с.
29. Добровольский Б. В. Вредные жуки. – Ростов н-Д. – 1951. – С. 5–125.
30. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Высш. шк., 1998. 413 с.

31. Добровольский Г.В. Никитин Е.Д. Экология почв. М: Изд-во Московского университета, 2012. 412 с.
32. Докучаєв В.В. Природноісторична класифікація російських ґрунтів. Твори. М.-Л.: Видавництво АН СРСР. Т.4. 1995, С.225-286.
33. Дубина А. А. Лесная подстилка как компонент естественных лесных биогеоценозов юго-востока Украины и гырнецовых лесов Молдавии: автореф. дис. ...канд. биол. Наук. Д., 1972. 17 с.
34. Жирков И. А. Жизнь на дне. Био–география и био–экология бентоса. М.: Т–во научных изданий КМК, 2010. 453 с.
35. Жуков А. В., Андрусевич Е. В., Лапко Е. В., Сиротина В. О., Геостатистическое оценивание агрегатной структуры почвы как композитной переменной. Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. 2015. № 3. С. 101–121.
36. Жуков А. В., Андрусевич Е. В., А. Ю. Покуса, Е. В. Лапко Байесовский подход для оценки гетерогенизации пространственного распределения почвенных свойств. Acta Biologica Sibirica. 2015. № 3–4. С. 76–91.
37. Жуков А. В. Гигроморфы почвенных животных и их диагностическое значение для установления гигротопов. Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. Донецк: ДонНУ, 2006. Вып. 6. С. 113–130.
38. Жуков А. В., Задорожная Г. А., Лядская И. В. Пространственные паттерны инфильтрации почвы на склоне балки. Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, екологія ґрунтів. 2013, № 2. С. 22–27.
39. Жуков А. В., Кунах О. Н., Задорожна Г. А.. ГИС-технологии и 3D-описание твердости почвы при рекультивации земель. III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. Збірник наукових статей. Том. 1. Вінниця: ВНТУ, 2011. С. 184–187
40. Жуков А. В., Кунах О. Н., Новикова В. А., Ганжа Д. С. Фитоиндикационное оценивание катены сообществ почвенной мезофауны и их экоморфическая организация. Биологический вестник Мелитопольского государственного

педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. 2016. № 6 (3). С. 39–45.

41. Жуков А.В., Кунах О. Н., Новикова В.А. Функциональная структура сообщества мезопедобионтов дерново-боровой почвы арены р. Днепр. Вістник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. Д. 2016. Вип. 24 (1). С. 26-39.

42. Жуков А.В., Кунах О. Н., Новикова В.А. Экоморфическая организация сообщества мезопедобионтов дубняка со свежим разнотравьем на арене р. Днепр. Известия Харьковского энтомологического общества. Харьков, 2015. Том XXIII, вып. 2. С.39-53.

43. Жуков А. В., Кунах О. Н., Новикова В. А., Ганжа Д. С. Экоморфическая организация сообществ почвенной мезофауны в пределах катены арены в долине р. Днепр. Фауна України на межі XX-XXI ст. Нові концепції зоологічних досліджень. Всеукраїнська зоологічна конференція (12-16 вересня 2017 р., м. Харків): тези доповідей. Харків, 2017. С. 23-24.

44. Жуков А. В., Кунах О. Н., Прокопенко Е. В., Балюк Ю. А. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2008. Вип. 16, т. 2. С. 51-59.

45. Жуков О. В. Екоморфи Бельгарда–Акімова та екологічні матриці. Екологія та ноосферологія, 2010. Т. 21, № 3–4. С. 109–111.

46. Жуков О. В. Екоморфічний аналіз консорцій ґрунтових тварин. Д.: Вид-во «Свідлер А. Л.». 2009. 239 с.

47. Жуков О. В., Кунах О. М., Коцун В.І., Дубініна Ю.Ю., Новікова В.О., Мудренко Н. Катенарний комплекс ґрунтів арени р. Дніпро (у межах природного заповіднику «Дніпровсько-Орільський»). Агроекологічний журнал, 2. 2018. С. 20–36

48. Жуков О.В., Кунах О.М., Таран В.О., Лебединська М.М. Просторова варіабельність електропровідності ґрунтів арени долини р. Дніпро (у межах природного заповіднику «Дніпровсько–Орільський»). Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016. № 6 (2), С. 129–157

49. Жуков О. В., Пахомов О. Є., Кунах О. М. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Дощові черв'яки (Lumbricidae): моногр. Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. 371 с.

50. Жуков О.В. Трофоценоморфи ґрунтових тварин та їх діагностичне значення для встановлення трофотопів. Вісник Донецького університету. Серія А. Природничі науки. 2007. С. 277–291.
51. Закон України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, N 48, ст.253
52. Заугольнова Л. Б. Характеристика лесных фитокатен в подзвоне хвойно–широколиственных лесов. Бюл. М. о–ва испыт. прир. Отд. биол. 2001. Т. 106, вып. 5. С. 43–51.
53. Заугольнова Л. Б., Лукина Н. В., Тихонова Е. В. Т. Ю. Браславская (отв. ред.) Пространственная структура биогеоценотического лесного покрова. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2010. С. 10–19.
54. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. Издательство: МГУ, 1987 г.
55. Звягинцев Д.И., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учебник. Москва: Изд-во МГУ, 2005. 445 с
56. Зонн С.В. Почва как компонент лесного биогеоценоза. Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. С. 372 – 457.
57. Караваева Н.А. Заболачивание и эволюция почв. М.: Наука, 1982. 296 с.
58. Карпачевский Л. О. Динамика свойств почвы. М.: ГЕОС, 1997. С. 5-7.
59. Кауричев И.С. Почвоведение. М: Колос, 1989. - 545 с.
60. Кашкаров Д. Н. Среда и общество (основы синэкологии). М.: Медгиз, 1933. 244 с.
61. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003. 536 с.
62. Константинов А. Р. Испарение в природе. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 532 с.
63. Котович О.В., Малиш В.С., Якуба М.С. Экологические особенности сосновых биогеоценозов второй песчаной террасы при самарского мониторинга. Екологія та ноосферологія. 2003. № 1-2. С. 53-54.
64. Криволуцкий Д. А. Жизненные формы и биологическое разнообразие животных. Бюл. МОИП. Отд. Биол. 1999. Т. 104, вып. 5. С. 61–67)

65. Криволуцкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994. 268 с.
66. Мазей Ю. А., Ембулаева Е. А. Изменения сообществ почвообитающих раковинных амёб вдоль катен в лесостепной зоне. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. Экология. 2015. № 1 (9). С. 98–114.
67. Манюк В. В. Структура, типологія, динаміка і відновлення дібров Дніпровсько - Орільського природного заповідника: дис... канд. біол. Наук. Д., 2005. С. 145–148.
68. Манюк В. В., Соловйов С. В. До характеристики фітоценотичного біорізноманіття Дніпровсько-Орельського природного заповідника. Роль охоронюваних природних територій у збереженні біорізноманіття (матеріали міжнародної конференції, присв. 75-річчю Канівського природного заповідника). Канів, 1998. С. 76-77.
69. Манюк В. В. До розповсюдження і типології середньозаплавних дібров Дніпровсько-Орільського заповідника і прилеглих ділянок долини Дніпра. Вісник Дніпропетровського Університету. Біологія. Екологія. Вип. 9. Т. 1. Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетровського університету, 2001. С. 147-152.
70. Манюк В. В. Нарис рослинності Дніпровсько-Орельського природного заповідника. Заповідна справа в Україні. Канів, 2000. С.7-14.
71. Марчик Т.П., Ефремов А.Л. Почвоведение с основами растениеводства. Гродно: ГрГУ, 2006. 249 с.
72. Медведев В. В. Неоднородности почв и точное земледелие. Часть 1. Ведение в проблему. Харьков. «Изд. 13 типография», 2007. 296 с.
73. Медведев. В. В. Твердость почвы. Харків: «Міська друкарня», 2009. С 5–8.
74. Мордкович В. Г. Зоологическая диагностика почв лесостепной и степной зон Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 110 с.
75. Мордкович В.Г., Шатохина Н.Г., Титлянова А.А., Степные катены. Новосибирск: Наука, 1985. 118 с.

76. Мордкович, В. Г. Зоологическая диагностика почв: императивы, предназначение и место в составе почвенной зоологии и почвоведения. Журнал общей биологии. 2013. Т. 74, № 6. С. 463–471
77. Назаренко І.І., Польшина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство. Підручник. Чернівці: Книги, XXI, 2004, С. 243-267
78. Новикова В.А. Анализ взаимосвязи температуры почвы с растительным покровом на участке песчаной степи (Природный заповедник «Днепроовско-Орельский»). Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького 6 (2). - Мелітополь, 2016. С. 5–13.
79. Новікова В. О. Видове різноманіття та екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів в урочище Орлова балка на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України. Матеріали міжнародної наукової конференції. Д., 2016. С. 51–52.
80. Новикова В.А. Геостатический анализ твердости дерново-боровой слаборазвитой песчаной почвы в природном заповеднике «Днепроовско-Орельский». Агрохімія і грунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського», 2016. Вип. 85.С.87-95.
81. Новікова В.О. Просторове варіювання едафічних властивостей у дубняку в балці Орловій (Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»). Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2016.
82. Новікова В.О. Просторова мінливість твердості ґрунту по шарах на ділянці піщаного степу в природному заповіднику "Дніпровсько-Орільський". Сьома Всеукраїнська науково-технічна конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Наукова весна 2017». Д.: ДВНЗ «НГУ», 2016. С. 279 – 280.
83. Новікова В. О. Просторовий аспект функціонування ґрунтової мезофауни піщаного степу у природному заповіднику «Дніпровсько-Орільський». Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА. СУСПІЛЬСТВО. К., 2016. С. 42-43.

84. Новікова В. О. Просторова організація мезофауни ґрунтів арени долини р. Дніпро. *Zoocenosis–2015 Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: VIII Міжнародна наукова конференція*. Д., 2015. С. 177 – 178.
85. Онуфриев Р. А., Пономаренко А. Л. О гнездовой орнитофауне Днепровско-Орельского заповедника. Материалы юбилейной международной научной конференции, посвященной 20-летию Азово-Черноморской орнитологической рабочей группы, Одесса, 10-14 февраля 2000 г. Одесса, «АстроПринт», 2000. С.48-49.
86. Пахомов А. Е., Кунах О. Н., Жуков А. В., Балюк Ю. А. Пространственная организация экологической ниши почвенной мезофауны урбозема. *Вісник Дніпропетровського університету. Біол. Екол.* 2013. 21 (1). С. 51–57. 15
87. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. В 2 ч. Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование. М.: Высш. шк., 1988. 400 с.
88. Прокопенко Е.В., Жуков А.В. Разнообразие герпетобионтных беспозвоночных на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. 2011. №1 (11), С. 172–187
89. Рада Міністрів УРСР; Постанова від 15.09.1990 № 262 Про створення природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» у Дніпропетровській області.
90. Разумовский С.М. Избранные труды. Сост. Киселева К.В., Чертов О.Г., Веселова Е.М.; под ред. и с предисл. Киселевой К.В., Чертова О.Г. М.: КМК Scientific Press, 1999. 560 с.
91. Разумовский С.М. Труды по экологии и биогеографии (полное собрание сочинений). М.: КМК Scientific Press, 2011. 722 с.
92. Ремезов Н. Г. Разложение лесной подстилки и круговорот элемен-тов в дубовом лесу. *Почвоведение*. 1961. № 7. С. 1–12.
93. Романовский М. Г. Продуктивность, устойчивость и биоразнообразие равнинных лесов европейской России. М.: МГУЛ, 2002. – 92 с.

94. Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В. и др. Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий. Почвоведение. 2006. №5. С. 603– 615
95. Семенова-Тян-Шанская А.М. Биология растений и динамика растительности меловых обнажений по р. Деркуль. Тр. Бот. ин-та им. В.Л. Комарова АН СССР. Сер. III (геоботаника). 1954. Вып. 9. С. 578–645.
96. Соловьев С. В., Бригадиренко В. В. Зоологическая индикация пойменного почвообразования в условиях Днепровско-Орельского заповедника. Роль природно-заповідних територій у підтриманні біорізноманіття. Канів, 2003. С. 332—333.
97. Соловьев С. В., Манюк В. В. Материалы к инвентаризации псамитовых степей Среднего Приднепровья на примере Днепровско-Орельского заповедника. Степи Северной Евразии: Материалы III Международного симпозиума, 2003.
98. Степановских А.С.. Едафічні фактори та їх роль у житті рослин і ґрунтової біоти Екологія: підручник для вузів. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001, - 703 с.
99. Стриганова Б. Р. Питание почвенных сапрофагов. М.: Наука., 1980.
100. Травлеев А. П. Взаимодействие растительности с почвами в лесных биогеоценозах настоящих степей Украины и Молдавии : автореф. дис. ... д-ра биол. наук Д., 1972. 49 с.
101. Трембіцька О.І. Біологічна активність ґрунту в залежності від систем добрив в короткоротаційній сівоzmіні. Вісник ЖНАЕУ. [Electronic resource] – Available from: http://www.znau.edu.ua/visnik/2011_1_1/441.pdf.
102. Трифанова М. В. Кунах О. М., Жуков О. В. Дослідження консортивних зв'язків у біогеоценозах та охорона природи. Дніпропетровськ: ДНУ, 2015. 111 с.
103. Умарова А. Б. Преимущества потоки влаги в почвах: закономерности формирования и значение в функционировании почв. М.: ГЕОС, 2011. 266 с.
104. Урусевская И. С. Почвенные катены Нечерноземной зоны РСФСР. Почвоведение, 1990. №9. С. 12–26.
105. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова. М.: «Мысль», 1972. 424 с.

106. Худяков В.В. Влияние разреживания на температурный режим осушенных торфяных почв. Эколого-биологические обоснование гидролесомелиорации и реконструкции лесоосушительных систем. Петрозаводск, 1996. с. 42-44
107. Цветкова Н. Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. Д., 1992. С. 168–171.
108. Цветкова Н.Н. Микроэлементы в лесных черноземах Днепропетровщины. Вопросы степного лесоведения и научные основы лесной рекультивации земель. Д.: ДГУ, 1985. С.21-30.
109. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических факторов в подзоне хвойно-широколиственных лесов . М.: Наука, 1983. 198 с.
110. Чернова Н. М., Чугунова М. Н. Анализ пространственного распределения почвообитающих микроартропод в пределах одной растительной ассоциации *Pedobiologia*. 1967. Vol. 7. P. 67–87.
111. Шарый С. П. Курс вычислительных методов. Новосибирск: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2016. 519 с.
112. Шебанін В.С. Крамаренко С.С., Ганганов В.М. Аналіз структури популяцій. Миколаїв, 2008. 232 с.
113. Шеин Е. В., Милановский Е. Ю. Пространственная неоднородность свойств на различных иерархических уровнях – основа структуры и функций почв. Масштабные эффекты при исследовании почв. М.: МГУ, 2001. С. 47-61.
114. Шеин Е. В. Курс физики почв. М.: МГУ, 2005. 432 с.
115. Шемавнев В. И., Гордиенко Н.А., Дырда В.И., Забалуев В.О. Устойчивое развитие сложных экотехносистем. Москва-Днепропетровск: Новая идеология, 2005. 355 с.
116. Шеннон К. Э. Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИЛ., 1963. 828 с.
117. Шилова Е. И. К характеристике фауны дерново-подзолистых почв Уч. зап. Ленинград. гос. универ. Сер. биол. наук, 1951, вып. 27, N 140, С. 118 - 136.
118. Шиперович В. Я. Фауна почв и древостоев в различных типах леса заповедника "Бузулукский бор". Зоологический журнал 1939. Т18, N2. С. 196-211.

119. Шитиков В. К., Розенберг Г. С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения. Количественные методы экологии и гидробиологии (Сборник научных трудов, посвященный памяти А. И. Баканова). Отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 91–129.
120. Шмидт-Ниельсен К. Размеры животных: почему они так важны. М., Мир, 1987. 262 с.
121. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. 528 с.
122. Штирц А. Д., Задорожная Г. А., Кунах О. Н., Жуков А. В. Пространственная организация сообщества панцирных клещей (Acari: Oribatida) в почве сельскохозяйственного поля в условиях степной зоны Украины. Изв. Харьк. энтомол. о-ва, 2013. Т. XXI, вып. 1. С. 49–60.
123. Aitchison J. The statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall. London, 1986. 416 p.
124. Amarasekare, P.,. Competitive coexistence in spatially structured environments: a synthesis. Ecol. Lett. 6, 2003. P. 1109–1122.
125. Anselin L. Ibnu S., Youngihn Kh. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis, 2006. Vol. 38 (1). P. 5–22.
126. Bardgett R. D. The biology of soil. A community and ecosystem approach. Oxford University Press, 2005. 242 p.
127. Belgard A. L. Lesnaya rastitelnost yugo-vostoka USSR [Forest vegetation of the south-east of the UkrSSR]. Kiev.,1950. Izd-vo KGU, 263 p.
128. Belyea, L.R., Lancaster, J.,. Assembly rules within a contingent ecology. Oikos. 86(3), 1999. P. 402–416.
129. Bernhardt-Romermann, M., Romermann, C., Nuske R., Parth A., Klotz S., Schmidt W., Stadler, J., On the identification of the most suitable traits for plant functional trait analyses. Oikos. 117, 2008. P. 1533–1541.
130. Blanchet, F.G., Bergeron, J.A.C., Spence, J.R. He, F., Landscape effects of disturbance, habitat heterogeneity and spatial autocorrelation for a ground beetle (Carabidae) assemblage in mature boreal forest. Ecography. 36, 2013. P. 636–647.

131. Bolten, J.D.; Crow, W.T.; Zhan, X.; Reynolds, C.A.; Jackson, T.J. Assimilation of a Satellite-Based SoilMoisture Product into a Two-Layer Water Balance Model for a Global Crop Production Decision Support System; Springer: Berlin, Germany, 2009; P. 449-463.
132. Borcard, D., Legendre, P., Environmental control and spatial structure in ecological communities: an example using Oribatid mites. *Environmental and Ecological Statistics*. 1, 1994. P. 37–61.
133. Borcard, D., Legendre, P., Avois-Jacquet, C., Tuosimoto H., Dissecting the spatial structure of ecological data at multiple scales. *Ecology*. 85, 2004. P. 1826–1832.
134. Brind'Amour, A., Boisclair, D., Dray, S., Legendre P., Relationships between species feeding traits and environmental conditions in fish communities: A three-matrix approach. *Ecological Applications*. 21 (2), 2011. P. 363–377.
135. Brind'amour, A., Boisclair, D., Legendre, P., Borcard, D., Multiscale spatial distribution of a littoral fish community in relation to environmental variables. *Limnology and Oceanography*. 50(2), 2005. P. 465–479.
136. Brygadyrenko, V. V., Fedorchenko, D. O., Morphological variability of populations *Carabus hungaricus scythus* (Coleoptera, Carabidae) on the Khortitsa island (Zaporizhzhya province). *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology*. 16 (1), 2008. P. 20–27 (in Russian).
137. Brygadyrenko, V. V., Effect of canopy density on litter invertebrate community structure in pine forests. *Ekológia (Bratislava)*. 34 (4), 2015. P. 90–102.
138. Burgess T M, Webster R. J. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. The semi-variogram and punctual kriging. *Soil Sci* 1980;31:315–31.
139. Bushnell T.M. Some aspects of the soil catena concept. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1942. Vol. 7. P. 466–476.
140. Butler A., Bierman S., Marion G.. Statistical methods for environmental risk assessment. Compositional data module. Biomathematics and Statistics Scotland, The University of Edinburgh, James Clerk Maxwell Building, The King's Buildings, Edinburgh EH9 3JZ, 2005.

141. Cadotte, M.W., Fukami, T., Dispersal, spatial scale and species diversity in a hierarchically structured experimental landscape. *Ecology Letters*. 8, 2005. P. 548–557.
142. Calinski, T., Harabasz, J., A dendrite method for cluster analysis. *Commun. Stat.* 3, 1974. 1–27.
143. Cambarella C.A. Moorman T.B., Novak J.M. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Soc. Am*, 1994. Vol. 58 P. 1501-1511.
144. Chase, J.M., Community assembly: when should history matter? *Oecologia*. 136, 2003. P. 489–498.
145. Crow, W.T. Correcting Land Surface Model Predictions for the Impact of Temporally Sparse Rainfall Rate Measurements Using an Ensemble Kalman Filter and Surface Brightness Temperature Observations. *J. Hydrometeorol.* 2003, 4, P. 960-973.
146. De Lannoy, G.J.M.; Verhoest, N.E.C.; Houser, P.R.; Gish, T.J.; Meirvenne, V.M. Spatial and Temporal Characteristics of Soil Moisture in an Intensively Monitored Agricultural Field (OPE3). *J. Hydrol.* 2006, 331, P. 719-730.
147. Decaëns T., Jiménez, J.J., Rossi, J.-P. A null-model analysis of the spatio-temporal distribution of earthworm species assemblages in Colombian grasslands. *Journal of Tropical Ecology*. 25(4), 2009.415–427.
148. Decaëns, T., Rossi J. P., Spatio-temporal structure of earthworm community and soil heterogeneity in a tropical pasture. *Ecography*. 24(6), 2001. P. 671–682.
149. Didukh Ya.P., Chusova O.O., Olshevska I.A., Polishchuk Yu.V. River valleys as the object of ecological and geobotanical research. *Ukr. Bot. J.* 2015. Vol. 72(5). P. 415–430.
150. Didukh Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv: Phytosociocentre, 2011. 176 p.
151. Diggle P. J., Ribeiro P. J. Bayesian inference in Gaussian model-based geostatistics. *Geographical and Environmental Modelling*. Vol. 6, No. 2, 2002. P. 129–146.
152. Doledec S., Chessel D., Ter Braak C.J.F., Champely S. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method // *Environ. Ecol. Stat*, 1996. Vol. 3. P. 143–166.

153. Dr.Kim. Soil Compaction Stress & Trees: Symptoms, Measures, Treatments soil bulk density (g/cc) penetration resistance (MPa) by Dr. Kim, D. Coder, Warnell School of Forestry & Natural Resources University of Georgia Dec, 2007. 195 p.
154. Drake, J.A. Communities as assembled structures: do rules govern pattern? *TREE*. 5, 1990. 159–164 p.
155. Dray, S., Legendre P. Testing the species traits-environment relationships: the fourth-corner problem revisited. *Ecology*. 89, 2008. 3400–3412.
156. Dray, S., Pettorelli, N., Chessel, D., Matching data sets from two different spatial samples. *J. Veg. Sci.* 13, 2002. 867–874.
157. Dray, S., Legendre P., Peres-Neto P., Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbours matrices (PCNM). *Ecological Modelling*. 196, 2006. P. 483–493.
158. Durand, M.; Margulis, S.A. Effects of Uncertainty Magnitude and Accuracy on Assimilation of Multiscale Measurements for Snowpack Characterization. *J. Geophys. Res.* 2008, 113, D02105.
159. Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*, 1996, 56: 1–54.
160. Egozcue J. J., Pawlowsky–Glahn V. Groups of parts and their balances in compositional data analysis *Mathematical Geology*, 2005. Vol. 37. P. 795–828.
161. Egozcue J.J., Pawlowsky–Glahn V, Mateu–Figueras G., Barcel'o–Vidal C. Isometric logratio transformations for compositional data analysis. *Mathematical Geology*, 2003. Vol. 35(3). P. 279–300.
162. Ellwood, M.D.F., Manica, A., Foster, W.A., Stochastic and deterministic processes jointly structure tropical arthropod communities. *Ecology Letters*. 12, 2009. P. 277–284.
163. Entekhabi, D.; Asrar, G.R.; Betts, A.K.; Beven, K.J.; Bras, R.L.; Duffy, C.J.; Dunne, T.; Koster, R.D.; Lettenmaier, D.P.; McLaughlin, D.B.; Shuttleworth, W.J.; van Genuchten, M.T.; Wei, M.Y.; Wood, E.F. An Agenda for Land Surface Hydrology Research and a Call for the Second International Hydrological Decade. *B. Am. Meteorol. Soc.* 1999, 80, P. 2043–2058.

164. Ettema C.H., Yeates, G.W., Nested spatial biodiversity patterns of nematode genera in a New Zealand forest and pasture soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 35(2), 2003. P.339–342.
165. Franks, A. J., Yates, C. J., Hobbs, R. J., Defining plant functional groups to guide rare plant management. *Plant Ecol.* 204(2), 2009. P. 207–216.
166. Fukami, T., Dickie, I.A., Wilkie, P., Paulus, B.C., Park, D., Roberts, A., Buchanan, P.K., Allen, R.B., Assembly history dictates ecosystem functioning: evidence from wood decomposer communities. *Ecology Letters*. 13, 2010. P. 675–684.
167. Fukami, T., Community assembly dynamics in space. *Community Ecology: Processes, Models, and Applications*. Oxford University Press. Oxford, 2010. P. 45–54.
168. Hoff, C. Spatial and Temporal Persistence of Mean Monthly Temperature on Two GCM Grid Cells. *Int. J. Climat.* 2001, 21, P. 731-744.
169. Hole F.D. Suggested terminology for describing soils as three-dimensional bodies. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1953. Vol. 17. P. 131–135.
170. Hutchinson, G. E., Concluding remarks. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*. 22, 1957. P. 415–427.
171. Hutchinson, G. E. The niche: an abstractly inhabited hypervolume. *The ecological theatre and the evolutionary play*. New Haven, Yale Univ. Press. 1965. P. 26–78
172. Jiménez, J. J., Decaëns, T., Lavelle, P., Rossi, J.-P., Dissecting the multi-scale spatial relationship of earthworm assemblages with soil environmental variability. *BMC Ecology*. 14, 2014. 26 p.
173. Jiménez, J.J., Decaëns, T., Rossi, J.-P., Soil environmental heterogeneity allows spatial co-occurrence of competitor earthworm species in a gallery forest of the Colombian “Llanos”. *Oikos*. 121, 2012 P. .915–926.
174. Jones, A.S., Vukicevic, T., Vonder-Haar, T.H. A Microwave Satellite Observational Operator for Variational Data Assimilation of Soil Moisture. *J. Hydrometeorol.* 2004, 5, P. 213-229.
175. Kirby, K. N., Gerlanc, D.,. BootES: An R package for bootstrap confidence intervals on effect sizes. *Behavior Research Methods*. 45, 2013. P. 905–927.

176. Lavorel, S., Garnier, E., Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Funct. Ecol.* 16(5), 2002. P. 545–556.
177. Legendre P., Gallagher E. D., Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 2001. Vol. 129. P. 271–280.
178. Legendre, P., Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology*. 74(6), 1993. P. 1659–1673.
179. Marcon E., B. Herault. Entropart: An R Package to Measure and Partition Diversity. *Journal of Statistical Software*, 2015. Vol. 67(8). P. 1–26.
180. Milne G. Some suggested units for classification and mapping, particularly for East African soils / G. Milne // *Soil Research*. – 1935. – Vol 4. – P. 183–198.
181. Minden, V., Andratschke, S., Spalke, J., Timmermann, H., Kleyer, M., Plant-trait environment relationships in salt marshes: deviations from predictions by ecological concepts. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 14, 2012. P. 183–192.
182. Miyamoto T., Fukami K., Chikushi J. Simultaneous measurement of soil water and soil hardness using a modified time domain reflectometry probe and a conventional cone penetrometer. *British Society of Soil Science, Soil Use and Management*. 2012. P. 240–248.
183. Moonen, A.-C., Barberi, P., Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agric. Ecosyst. Environ.* 127, 2008. P. 7–21.
184. Ni, J., Plant functional types and climate along a precipitation gradient in temperate grasslands, north-east China and south-east Mongolia. *J. Arid Environ.* 53(4), 2003. P. 501–516.
185. Novikova V. A., Zhukov A. V., Posudievskaya O. R. Spatial organization of soil mesofauna of the Dnieper river valley. *Сучасні науково-технічні дослідження у контексті мовного простору. Матеріали регіональної науково-практичної конференції молодих учених та студентів. Д.*, 2016. С. 33–35.
186. Oksanen J., Blanchet G., Kindt R., Legendre P., & all., *Community Ecology Package*. R package version 2.0–2, 2011.

187. Oldak, A.; Jackson, T.; Pachepsky, Y. Using GIS in Passive Microwave Soil Mapping and Geostatistical Analysis. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 2002. P. 681-689.
188. Parent L., de Almeida C., Hernandez A., Egozcue J. J., Gülser C., Bolinder M. A, T. Kätterer, Andrén O., Parent S. E., Anctil F., Centurion J. F., Natale W. Compositional analysis for an unbiased measure of soil aggregation. *Geoderma*. 2012. Vol. 179–180. P. 123–131.
189. Pearson K. Mathematical contributions to the theory of evolution. On a form of spurious correlation which may arise when indices are used in the measurement of organs. *Proceedings of the Royal Society of London*. 1897. LX. P. 489–502.
190. Reichle, R.H.; Koster, R.D.; Liu, P.; Mahanama, S.P.; Njoku, E.G.; Owe, M. Comparison and Assimilation of Global Soil Moisture Retrievals from the Advanced Microwave Scanning Radiometer for the Earth Observing System (AMSR-E) and the Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR). *J. Geophys. Res.* 2007, 112 p, D09108.
191. Rossi, J.-P., Delaville, L., Quénéhervé P., Microspatial structure of a plant- parasitic nematode community in a sugarcane field in Martinique. *Applied Soil Ecology*. 3, 1996. P. 17–26.
192. Rossi, J.P., Clusters in earthworm spatial distribution. *Pedobiologia*. 47(5–6), 2003. P. 490–496.
193. Santoul, F., Cayrou, J., Mastorillo, S., Cereghino, R.,. Spatial patterns of the biological traits of freshwater fish communities in south-west France. *Journal of Fish Biology*. 66, 2005. P. 301-314.
194. Schoener, T. W. Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185(4145), 1974. P. 27–39.
195. Scheu S., Schultz E. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribatids and saprophagous soil macro-invertebrates. *Biological Conservation* 1996; 5: 235–250
196. Seebacher, D., Dirnböck, T., Dullinger, S., Karrer G. Small-scale variation of plant traits in a temperate forest understorey in relation to environmental conditions and disturbance. *STAPFIA*. 97, 2012. P. 153–168.

197. Shukla G., Varma A. Soil Enzymology. Springer, 2011. 384 p
198. Spain A. V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests. *Journal of Ecology* 72, 1984. P. 947–961.
199. Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry / ed. by E.A. Paul. USA: Academic Press, 2007. 514 p.
200. Stephens R.D., Petreas M.X., Hayward D.G. Biotransfer and bioaccumulation of dioxins and furans from soil: chickens as a model for foraging animals. *The Science of the Total Environment*, 1995 175: 253–273.
201. Tarasov, V. V., Flora Dnipropetrovs'koyi i Zaporiz'koyi oblastey [Dnipropetrovsk an Zaporozhie regions flora]. DNU university press, 2005. 256 p. (in Ukrainian).
202. Tarasov, V. V., Flora Dnipropetrovs'koyi i Zaporiz'koyi oblastey [Dnipropetrovsk an Zaporozhie regions flora]. Second ed.. D.: „Lira”, 2012. 296 p.(in Ukrainian).
203. Teuling, A.J.; Troch, P.A. Improved Understanding of Soil Moisture Variability Dynamics. *Geophys. Res. Lett.* 2005, 32 p.
204. Thomas C. W., Aitchison J., Buccianti, A., Mateu–Figueras, G., Pawlowsky–Glahn, V. Log–ratios and geochemical discrimination of Scottish Dalradian limestones: a case study. *Compositional data analysis in the geosciences: from theory to practice*. Geological Society, London, Special Publication. 2006. Vol. 264. P. 25–41.
205. Thuiller, W., Lavorel, S., Midgley, G., Lavergne, S. Rebelo, T., Relating plant traits and species distributions along bioclimatic gradients for *Leucadendron* taxa. *Ecology*. 85, 2004. P. 1688–1699.
206. Vukicevic, T.; Sengupta, M.; Jones, A.S.; Vonder-Haar, T. Cloud-Resolving Satellite Data Assimilation: Information Content of IR Window Observations and Uncertainties in Estimation. *J. Atmos. Sci. (JAS)* 2006, 63, P. 901-919.
207. Wardle D. A., Bardgett R. D., Klironomos J. N. et al. Ecological Linkages Between Aboveground and Belowground Biota. *Science*, 2004; 304: 1629–1633.
208. Wang, J.; Fu, B.; Qiu, Y.; Chen, L.; Wang, Z. Geostatistical Analysis of Soil Moisture Variability on Da Nangou Catchment of the Loess Plateau, China. *Environ. Geol.* 2001, 41, P. 113-120.

209. Weslien, J., Djupström, L. B., Schroeder, M., Widenfalk O.. Long-term priority effects among insects and fungi colonizing decaying wood. *Journal of Animal Ecology*. 80, 2011. P.1155–1162.
210. Western, A.W.; Grayson, R.B.; Green, T.R. The Tarrawarra Project: High Resolution Spatial Measurement, Modelling and Analysis of Hydrological Response. *Hydrol. Process*. 1999, 13, P. 633-652.
211. Whalen, J.K.. Spatial and temporal distribution of earthworm patches in corn field, hayfield and forest systems of southwestern Quebec, Canada. *Applied Soil Ecology*. 27(2), 2004. P.143–151.
212. Wilson, J.B., Habiba, G.,. Limitation to species coexistence: evidence for competition from field observations, using a patch model. *Journal of Vegetation Science*. 6, 1995. P. 369–376.
213. Yaalon D.H. Soil-Forming Processes in Time and Space D.H Yaalon. *Paleopedology: Origin, Nature and Dating of Paleosols*. Israel University Press, Jerusalem, Israel, 1971. P. 29–39.
214. Ye Qia, Ming Xu, Jianguo Wu. Temperature sensitivity of soil respiration and its effects on ecosystem carbon budget: nonlinearity begets surprises. *Ecological Modelling* 153, 2002. P. 131–142.
215. Zhukov O.V., Kunah O.M., Dubinina Y.Y., Novikova V.O. The role of edaphic, vegetational and spatial factors in structuring soil animal communities in a floodplain forest of the Dnipro river. *FOLIA OECOLOGICA*. Vol. 45, no. 1. 2018. P. 8–23.
216. Zhukov A., Zadorozhnaya G. Spatial heterogeneity of mechanical impedance of a typical chernozem: the ecological approach. *Ekológia (Bratislava)*, 2016. Vol. 35, No. 3. P. 263–278.
217. Zupanski, M.; Zupanski, D.; Parrish, D.F.; Rogers, E.; DiMego, G. Four-Dimensional Variational Data Assimilation for the Blizzard of 2000. *Mon. Weather. Rev.* 2002, 130, 1967-1988. *Sensors* 2010, 10, P. 913-932.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 1.1

Едафічні характеристики ділянки піщаного степу

Показник	Середнє ± ст. помилка	Мінімум	Максимум	Персентиль	
				2,50 %	97,50 %
Твердість ґрунту (МПа) на глибині					
1	2	3	4	5	6
0–5 см	0,65±0,02	0,10	1,05	0,25	0,65
5–10 см	0,95±0,02	0,50	1,35	0,60	0,95
10–15 см	1,34±0,02	0,75	2,00	0,90	1,34
15–20 см	1,73±0,04	0,80	2,60	1,10	1,73
20–25 см	2,11±0,04	1,10	3,35	1,30	2,11
25–30 см	2,45±0,06	0,95	4,30	1,15	2,45
30–35 см	2,79±0,08	0,80	5,00	1,20	2,79
35–40 см	3,05±0,09	0,70	5,00	1,10	3,05
40–45 см	3,38±0,08	0,60	5,00	1,60	3,38
45–50 см	3,76±0,08	1,05	5,00	1,85	3,76
50–55 см	4,16±0,08	1,35	5,00	2,00	4,16
55–60 см	4,42±0,07	1,40	5,30	2,55	4,42
60–65 см	4,55±0,06	1,60	5,14	2,70	4,55
65–70 см	4,70±0,06	1,55	5,38	3,00	4,70
70–75 см	4,73±0,06	1,60	5,40	3,00	4,73
75–80 см	4,80±0,06	1,40	5,30	2,85	4,80
80–85 см	4,74±0,06	1,35	5,33	2,95	4,74
85–90 см	4,75±0,06	1,25	5,39	3,00	4,75

1	2	3	4	5	6
90–95 см	4,75±0,06	1,20	5,22	2,90	4,75
95–100 см	4,72±0,05	1,45	5,24	2,90	4,72
<i>Едафічні характеристики</i>					
Температура шару ґрунту 5–7 см, °С	23,86±0,36	17,70	31,00	18,40	30,40
Вологість ґрунту, %	1,78±0,15	0,23	5,99	0,25	5,69
Корені, %	13,83±1,37	0,01	65,85	0,93	46,00
Щільність ґрунту, г/см ³	1,39±0,02	0,72	1,70	0,84	1,67
<i>Агрегатна структура (в %), розмір агрегатів, в мм</i>					
>10	0,13±0,08	0,00	5,45	0,00	3,37
7–10	0,17±0,08	0,00	5,37	0,00	3,21
5–7	0,60±0,28	0,00	24,07	0,00	8,18
3–5	1,46±0,49	0,00	36,22	0,00	17,42
2–3	7,61±1,14	0,00	57,24	0,00	41,21
1–2	2,34±0,30	0,00	16,81	0,29	14,34
0,5–1	46,71±1,15	18,46	68,32	20,60	65,12
0,25–0,5	41,00±1,26	5,48	76,92	17,69	69,97
< 0,25	0,60±0,28	0,00	24,07	0,00	8,18

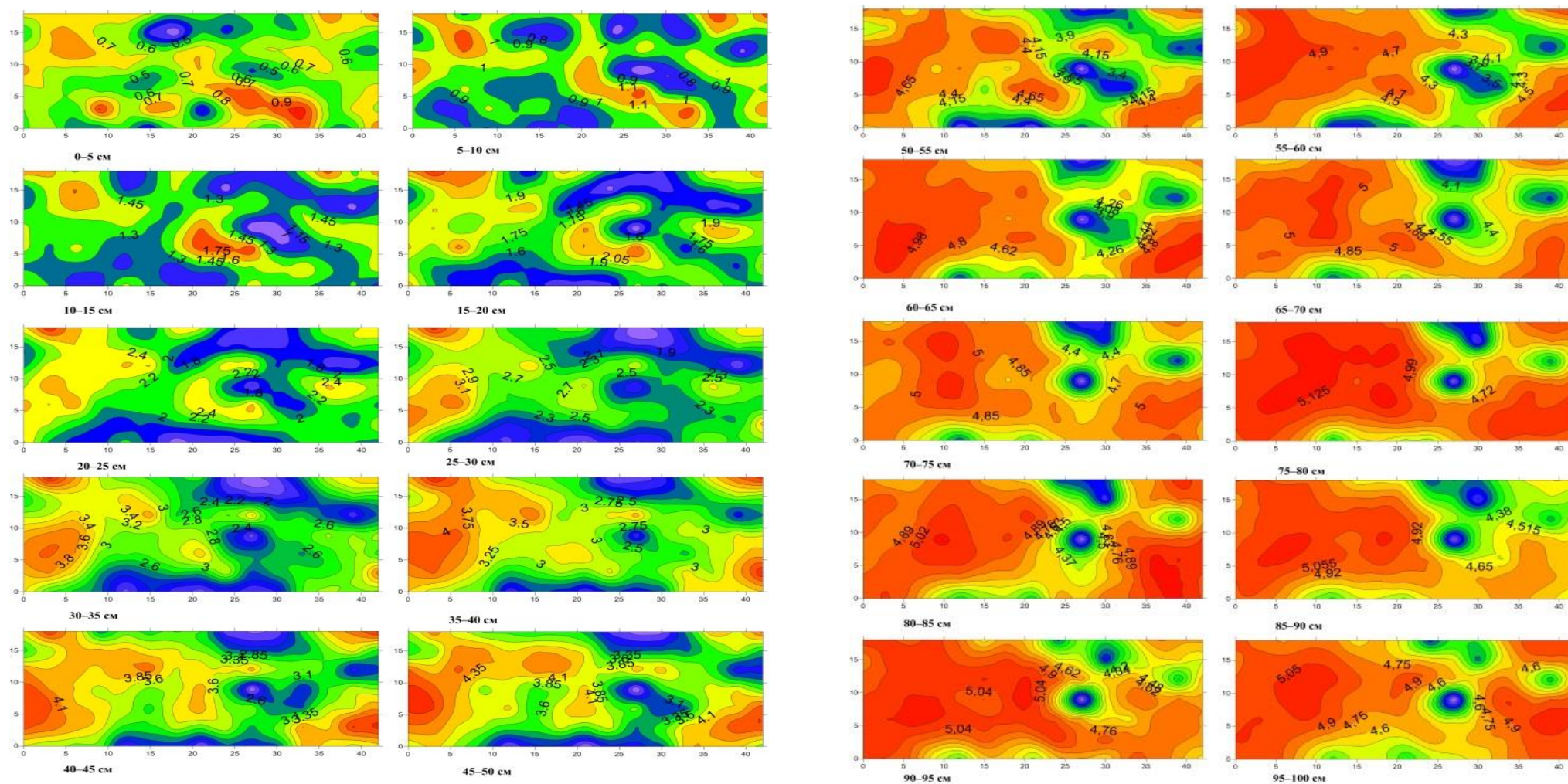
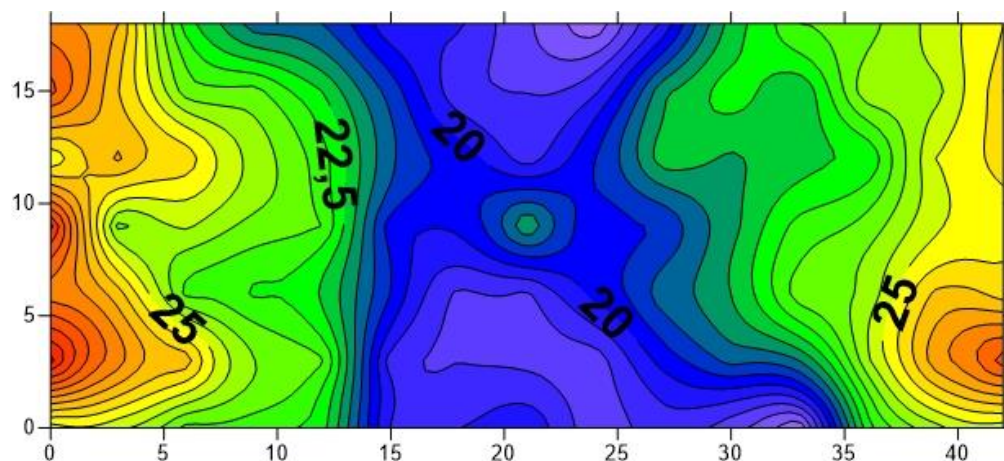
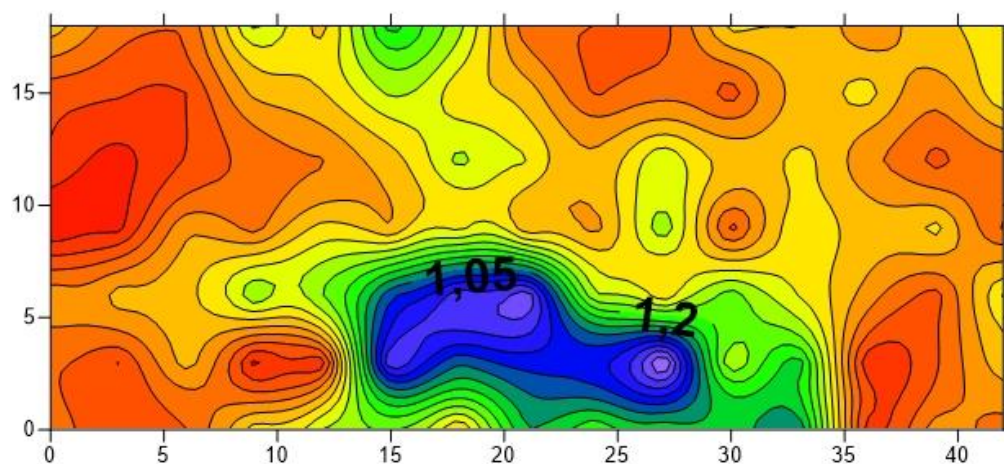


Рис. 1.1. Карты просторового розподілу твердості ґрунту (в МПа) піщаного степу по шарах

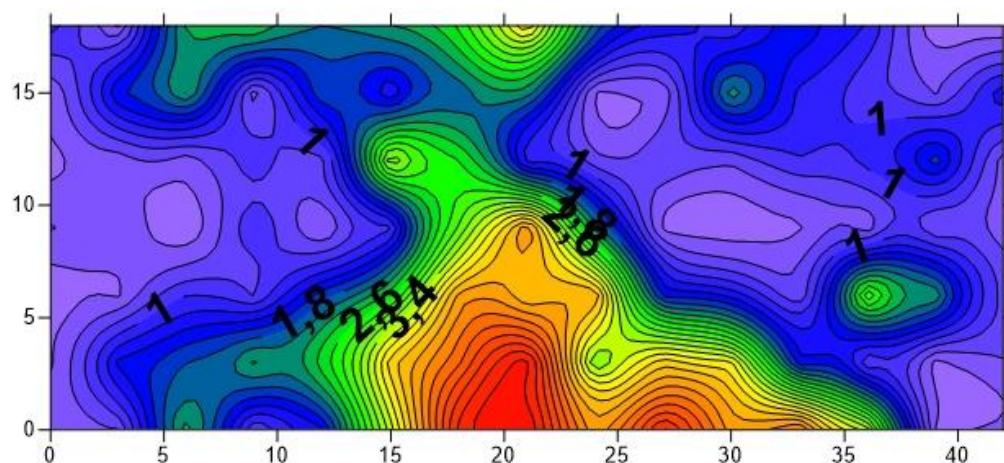
Умовні позначення: осі абсцис і ординат – локальні координати, м



Температура шару ґрунту 5–7 см, °С



Щільність ґрунту, г/см³



Вологість ґрунту, %

Рис. Д.1.1. Карти просторового розподілу едафічних характеристик ґрунту у шарі 0-5 см піщаного степу на території заповідника «Дніпровсько-Орільський»
 Умовні позначення: осі абсцис і ординат - локальні координати, м

Таблиця 1.2

Кореляція вимірювань, отриманих в результаті багатовимірної шкалювання і показників факторів середовища і фітоіндикаційних шкал піщаного степу

Показники	NMDS1	NMDS2	NMDS3	NMDS4	r ²	Pr(>r)
1	2	3	4	5	6	7
0–5 см	-0.36	0.18	0.89	0.24	0.16	0.015
5–10 см	-0.69	0.35	0.52	0.37	0.27	0.001
10–15 см	-0.71	0.21	0.52	0.42	0.37	0.001
15–20 см	-0.73	0.08	0.67	-0.02	0.39	0.001
20–25 см	-0.77	0.04	0.63	-0.08	0.48	0.001
25–30 см	-0.75	-0.03	0.66	0.05	0.52	0.001
30–35 см	-0.80	-0.24	0.55	-0.07	0.39	0.001
35–40 см	-0.44	-0.29	0.43	-0.74	0.24	0.001
40–45 см	-0.35	-0.27	0.35	-0.83	0.17	0.001
45–50 см	-0.06	0.00	0.10	-0.99	0.09	0.060
50–55 см	-0.03	0.02	0.04	-1.00	0.07	0.087
55–60 см	0.02	0.00	-0.12	-0.99	0.10	0.020
60–65 см	0.30	-0.04	-0.11	-0.95	0.11	0.012
65–70 см	0.19	0.00	-0.11	-0.97	0.13	0.006
70–75 см	0.24	-0.07	-0.11	-0.96	0.16	0.001
75–80 см	0.36	0.00	-0.15	-0.92	0.15	0.002
80–85 см	0.40	-0.15	-0.09	-0.90	0.17	0.001
85–90 см	0.43	-0.18	0.10	-0.88	0.27	0.001
90–95 см	0.37	-0.22	0.00	-0.90	0.25	0.001
95–100 см	0.29	-0.23	0.02	-0.93	0.20	0.001
Вологість ґрунту, % (Moisture)	0.52	0.07	-0.36	-0.77	0.22	0.002
ЕС	0.56	-0.07	-0.23	-0.80	0.41	0.001

1	2	3	4	5	6	7
ilr_1	-0.34	-0.76	-0.54	0.06	0.09	0.053
ilr_2	-0.12	-0.23	-0.25	-0.93	0.10	0.086
ilr_3	0.39	0.86	0.10	-0.32	0.04	0.428
ilr_4	0.75	-0.13	0.52	-0.39	0.06	0.160
ilr_5	-0.47	-0.52	0.46	-0.55	0.02	0.597
ilr_6	0.17	-0.21	-0.35	-0.89	0.05	0.208
ilr_7	0.32	-0.32	-0.46	-0.77	0.03	0.573
ilr_8	-0.49	-0.27	-0.11	-0.82	0.06	0.140
ilr_9	0.03	0.04	-0.19	-0.98	0.02	0.821
Tree	0.40	0.50	-0.51	0.58	0.03	0.489
Dist	-0.19	-0.81	0.53	-0.16	0.11	0.018
Dist ²	-0.24	-0.93	0.29	-0.07	0.16	0.006
Hd	-0.62	0.62	0.29	-0.39	0.21	0.001
Ffl	-0.94	-0.31	0.12	-0.05	0.27	0.001
Rc	-0.35	0.31	0.53	-0.71	0.31	0.001
Sl	0.21	0.10	-0.91	-0.34	0.29	0.001
Ca	-0.66	-0.14	-0.60	0.43	0.15	0.004
Nt	0.81	0.41	-0.38	0.17	0.59	0.001
Ae	-0.56	0.02	0.82	0.06	0.18	0.001
Tm	0.16	-0.67	-0.47	-0.56	0.20	0.001
Om	-0.24	0.12	0.79	-0.55	0.12	0.010
Kn	-0.59	0.38	-0.40	0.59	0.11	0.017
Cr	-0.36	-0.11	0.32	-0.87	0.24	0.001
Lc	-0.36	-0.06	-0.70	0.61	0.37	0.001
Трофоморфи (Troph_B)	0.25	-0.54	0.60	-0.54	0.30	0.001
Гігроморфи (Hygr_B)	0.78	-0.44	0.42	0.11	0.34	0.001
Геліоморфи (Hel_B)	-0.89	-0.41	-0.02	-0.19	0.21	0.001

Примітка: р-рівень заснований на 999 пермутації.

Таблиця 1.3

Видовий склад і геоморфічні особливості рослинності піщаного степу

Клі ма мор фа	Жит тєва фор ма	Українська назва	Латинь	Екоморфи				Проектив не покриття, %	Довірчий інтервал		NMDS		
				Цено морф и	Трофо морф и	Гігром орфи	Геліо морф и		-95 %	+ 95 %	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ph	Дер	Дуб звичайний	<i>Quercus robur</i> L.	Sil	MgTr	MsKs	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	1,15	0,45	0,35
		Сосна звичайна	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Sil	OgTr	Ks	He	4,14±0,71	2,88	5,76	1,10	-0,14	0,11
		Тополя чорна	<i>Populus nigra</i> L.	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0,10±0,09	0,00	0,29	0,05	1,15	-0,53
		Шелюга	<i>Salix acutifolia</i> Willd.	Ps	OgTr	MsKs	He	0,48±0,27	0,10	1,33	0,37	-0,60	-0,99
nPh	Куш і	Барбарис звичайний	<i>Berberis vulgaris</i> L.	Sil	MsTr	KsMs	ScHe	0,06±0,05	0,00	0,25	1,14	0,64	-0,73
		Жостер проносний	<i>Rhamnus cathartica</i> L.	Sil	OgTr	Ms	ScHe	0,02±0,01	0,00	0,05	1,19	0,07	-0,81
		Зиновать руська	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. Ex Wox.) Klasova	Sil	MsTr	KsMs	He	2,65±0,87	1,29	4,85	1,82	0,68	0,15
		Клен татарський	<i>Acer tataricum</i> L.	St	MsTr	KsMs	ScHe	0,14±0,06	0,06	0,29	0,10	-0,54	-0,07
Ch	П/ку щі	Чебрець Палласів	<i>Thymus pallasianus</i> H. Braun	Ps	OgTr	MsKs	He	1,56±0,22	1,17	2,04	-0,48	-0,26	0,07
HKr	Бр.	Астрагал мінливий	<i>Astragalus varius</i> S. G. Gmel.	St	OgTr	Ks	He	0,49±0,08	0,34	0,69	-0,22	-0,50	-0,04
		Вероніка довголиста	<i>Veronica longifolia</i> .	Ps	OgTr	MsKs	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,11	-1,41	-0,54
		Гвоздика Фішера	<i>Dianthus fischeri</i> Spreng.	Ps	OgTr	MsKs	He	1,56±0,18	1,21	1,90	0,15	-0,30	-0,23
		Деревій дрібноквітковий	<i>Achillea micrantha</i> Willd	Ps	OgTr	MsKs	He	0,10±0,04	0,03	0,22	-0,10	-0,83	0,01
		Деревій звичайний майже	<i>Achillea millefolium</i> Z	St	OgTr	MsKs	He	1,70±0,18	1,35	2,06	-0,50	-0,10	0,13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Жабриця звивиста	<i>Sesel tortuosum L.</i>	St	MsTr	MsKs	He	0,03±0,02	0,00	0,07	0,53	0,08	-0,65
		Келерія піскова	<i>Koeleria sabuletorum (Domin) Klok</i>	Ps	OgTr	Ks	He	3,75±0,52	2,88	4,97	-0,33	-0,36	0,29
		Козельці українські	<i>Tragopogon ucrainicus.</i>	St	MsTr	KsMs	ScHe	0,10±0,04	0,04	0,23	0,45	-0,36	-1,14
		Кульбаба лікарська	<i>Taraxacum officinale Wigg</i>	Pr	OgTr	MsKs	He	0,25±0,06	0,14	0,40	0,20	0,61	0,19
		Молочай Сергєєв	<i>Euphorbia seguieriana Neck</i>	Ps	MsTr	MsKs	He	0,26±0,08	0,11	0,47	0,18	-0,47	-0,45
		Нечуйвітер зонтичний	<i>Hieracium canadense.</i>	Pr	MsTr	KsMs	ScHe	0,08±0,03	0,03	0,17	-0,54	0,67	0,75
		Осока весняна	<i>Carex caryophyllea</i>	St	MgTr	MsKs	ScHe	0,10±0,03	0,05	0,17	0,58	0,44	-0,34
		Осока колхидська	<i>Carex colchica</i>	Ps	OgTr	MsKs	He	1,42±0,18	1,09	1,77	-0,08	-0,40	0,20
		Полин гіркий	<i>Artemisia absinthium</i>	St	MsTr	Ks	He	0,46±0,09	0,29	0,66	0,11	-0,10	-0,18
		Полин дніпровський	<i>Artemisia dniproica Klovov</i>	Pr	MgTr	KsMs	He	0,08±0,05	0,02	0,29	0,13	-1,14	-0,46
		Синтріхія польова	<i>Syntrichia ruralis (Hedw.)</i>	St	MsTr	MsKs	He	0,63±0,10	0,46	0,84	0,00	-0,28	0,31
		Смілка татарська	<i>Silene tatarica</i>	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0,05±0,02	0,01	0,09	1,87	0,50	0,27
		Холодок лікарський	<i>Asparagus officinalis</i>	St	OgTr	MsKs	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	0,16	-1,93	0,55
		Цмин пісковий	<i>Helichrysum arenarium (L.)</i>	Ps	OgTr	MsKs	He	11,14±0,90	9,52	13,0 ₅	-0,31	0,05	-0,22
		Чистотіл великий	<i>Chelidonium majus</i>	Pr	OgTr	Ms	He	0,46±0,12	0,26	0,75	-0,30	-0,09	0,78
		Юрінея волошковидна	<i>Yurinea cyanoides (L.) Rchb</i>	Pr	MgTr	HgMs	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	0,54	-1,12	1,22
		Буркун лікарський	<i>Melilotus officinalis</i>	Ps	MsTr	MsKs	He	2,47±0,25	1,99	3,01	-0,43	0,25	0,09
	Дв	Волошка дніпровська	<i>Centaurea borysthenica Grun</i>	Ps	OgTr	MsKs	He	0,03±0,02	0,00	0,06	0,34	-0,08	0,78
		Волошка розлога	<i>Centaurea diffusa</i>	St	MsTr	Ks	He	0,03±0,02	0,00	0,07	-0,08	0,74	0,17
		Козельці великі	<i>Tragopogon major (L.)</i>	Pr	MsTr	KsMs	He	0,01±0,01	0,00	0,03	0,54	-1,12	1,22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Баркгаузія маколиста	<i>Crepis rhoeadifolia</i> Bieb.	St	MsTr	MsKs	ScHe	0,03±0,02	0,00	0,06	-0,68	0,22	-0,25
Т	Од	Бромус розчепірений	<i>Bromus squarrosus</i> L.	St	MsTr	MsKs	He	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,58	0,27	-0,22
		Бурачок дрібний	<i>Alyssum minutum</i> Schlecht.ex DC.	Ps	OgTr	MsKs	He	0,06±0,02	0,02	0,10	-0,29	1,18	0,46
		Віничча шерстисте	<i>Kochia laniflora</i> (S.G. Gmel.) Borbas	Ps	OgTr	MsKs	He	0,08±0,03	0,03	0,12	-0,71	0,05	0,20
		Гірчак пісковий	<i>Bromus squarrosus</i> L.	St	MgTr	MsKs	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,37	-0,63	-1,49
		Жито дике	<i>Secale sylvestre</i> Host	Ps	OgTr	MsKs	He	2,83±0,30	2,27	3,43	-0,34	0,40	-0,05
		Злинка канадська	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	St	MgTr	MsKs	ScHe	0,06±0,02	0,02	0,10	-0,44	1,01	-0,52
		Латук компасний	<i>Lactuca serriola</i> L.	St	MsTr	KsMs	He	0,02±0,01	0,00	0,05	0,31	0,20	-1,15
		Лутига татарська	<i>Atriplex tatarica</i> L	St	MgTr	MsKs	ScHe	0,06±0,02	0,02	0,10	-0,44	1,01	-0,52
		Резеда жовта	<i>Reseda lutea</i> .	Pr	MsTr	Ms	HeSc	0,08±0,05	0,00	0,23	-0,10	-0,06	-2,01
		Тонконіг однорічний	<i>Poa annua</i> L.	St	MgTr	KsMs	He	0,01±0,05	0,00	0,03	-0,81	-0,07	-0,56
		Фіалка кітайбелева	<i>Viola arvensis</i> Murr.	St	MsTr	KsMs	ScHe	0,10±0,04	0,04	0,20	1,60	0,37	0,27
		Сухоребрик Льозеліїв	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	Ps	MsTr	MsKs	ScHe	0,10±0,04	0,04	0,19	0,42	-0,40	-0,96
		Берізка польова	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	St	MsTr	MsKs	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	2,28	0,74	0,10
		Житняк пухнатокувтковий	<i>Agropyron dasyanthum</i>	Ps	MsTr	MsKs	ScHe	0,10±0,04	0,04	0,19	0,42	-0,40	-0,96
G	Мн.	Комишівник звичайний	<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Sojak	Ps	OgTr	Ms	He	0,38±0,11	0,20	0,67	-0,52	-0,22	-0,61
		Куничник наземний	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	Pr	OgTr	Ms	ScHe	0,05±0,03	0,01	0,15	0,40	0,52	-0,46
		Купина пахуча	<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	Sil	OgTr	Ms	ScHe	0,22±0,12	0,05	0,57	1,37	0,42	0,23
		Льонок звичайний	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	Pr	MsTr	MsKs	He	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,37	-0,63	-1,49
		Миколайчики плоскі	<i>Eryngium planum</i> L.	PrSil	MsTr	MsKs	ScHe	0,04±0,03	0,00	0,15	0,26	0,07	-2,17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Пирій повзучий	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	Pr	MsTr	KsMs	ScHe	0,14±0,06	0,05	0,32	0,93	−0,23	−0,27
		Чаполог пахучий	<i>Hierochloe odorata</i>	Pr	MsTr	KsMs	ScHe	0,14±0,06	0,05	0,32	0,93	−0,23	−0,27

Умовні позначення: Дер. - Дерева; Кущ. - Чагарники, Мн. - Багаторічники; Дв. - Дворічники; Од. - Однорічники

Таблиця 1.4

Видовий склад, велика кількість (L-таблиця) і екоморфи (Q-таблиця) ґрунтової мезофауни піщаного степу

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вид	Cen	Hyhr	CenTr	Top	Tr	Phor	Ab	Достовірний інтервал	
								-95%	+ 95%
Тип ARTHROPODA Клас Arachnida Ряд ARANEAE Родина Lycosidae									
Lycosidae spp.	St	Ks	OlgTr	Ep	ZF	A3	12,34±1,21	10,21	14,93
Клас Chilopoda Ряд Geophilomorpha Родина Geophilidae									
Pachymerium ferrugineum (C.L.Koch 1835)	St	Ks	OlgTr	Ep	ZF	A2	1,52±0,55	0,61	2,74
Lithobius (Lithobius) forficatus (Linnaeus 1758)	Sil	Ms	MsTr	Ep	ZF	A3	+		
Клас Insecta Ряд Coleoptera Родина Byrrhidae									
Byrrhus (Byrrhus) pilula (Linnaeus 1758) (larv.)	St	Ms	MgTr	End	FF	B7	1,83±0,56	0,91	3,05
Родина Carabidae									
Amara sp.	St	Ms	OlgTr	Ep	ZF	A3	0,39±0,07	0,27	0,55
Calathus (Calathus) ambiguus (Paykull, 1790)	St	Ms	OlgTr	Ep	ZF	A3	2,59±0,45	1,78	3,68
Calathus (Neocalathus) melanocephalus (Linnaeus, 1758)	St	Ms	OlgTr	Ep	ZF	A3	0,13±0,02	0,09	0,18
Calosoma (Calosoma) inquisitor (Linne 1758)	St	Ms	OlgTr	Ep	ZF	A3	3,11±0,54	2,14	4,42
Carabus (Pachystus) hungaricus scythus Motschulsky, 1847	St	Ms	OlgTr	Ep	ZF	A3	0,65±0,11	0,45	0,92
Calathus (Calathus) etiolate (Paykull, 1790) (larv.)	St	Ms	OlgTr	Ep	ZF	A3	0,15±0,15	0,00	0,46

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Calosoma (Calosoma) inquisitor (Linne 1758)	Pr	Hg	MsTr	Ep	ZF	A3	+		
Родина Chrysomelidae									
Chrysomelidae spp. (larv.)	St	Ks	OlgTr	End	FF	B7	3,20±0,91	1,68	5,18
Родина Curculionidae									
Otiorrhynchus sp. (larv.)	St	Ks	MsTr	End	FF	B7	4,11±0,81	2,44	5,79
Родина Dermestidae									
Dermestes (Dermestinus) lanarius Illiger 1801	St	Ks	MgTr	Ep	SF	A3	+		
Dermestes (Dermestinus) etiolate Brahm, 1790	St	Ks	MgTr	Ep	SF	A3	+		
Родина Elateridae									
Selatosomus (Selatosomus) aeneus (Linnaeus 1758) (larv.)	Sil	Uhg	MgTr	End	FF	B5	1,22±0,41	0,46	1,98
Cardiophorus (Dicronychus) cinereus (Herbst, 1784)(larv.)	St	Ks	OlgTr	End	ZF	A2	4,72±0,98	3,05	6,86
Prosternon tessellatum (Linnaeus 1758)	Pr	Ks	OlgTr	Ep	ZF	B5	+		
Родина Lucanidae									
Dorcus parallelipedus (Linnaeus, 1758) (im.)	St	Ks	OlgTr	Ep	FF	A1	+		
Родина Staphylinidae									
Staphylinidae spp. (im.)	St	Ks	OlgTr	Ep	ZF	A1	0,30±0,21	0,00	0,76
Родина Tenebrionidae									
Podonta daghestanica Reitter 1885 (larv.)	St	Ks	MsTr	End	FF	B6	3,35±0,86	1,83	5,18
Anatolica eremita (Steven, 1829)(im.)	St	Ks	OlgTr	Ep	FF	B6	1,83±0,49	0,91	2,90
Anatolica eremita (Steven, 1829) (larv.)	St	Ks	OlgTr	Ep	FF	B6	0,54±0,27	0,15	1,10
Crypticus quisquilius (Linnaeus 1761) (larv.)	St	Ms	MsTr	End	FF	B6	1,22±0,42	0,46	1,98
Blaps halophila Fischer, 1822	St	Ks	OlgTr	Ep	FF	B6	0,06±0,01	0,04	0,08
Pimelia subglobosa (Pallas 1781)	St	Ks	OlgTr	Ep	FF	B6	0,30±0,06	0,19	0,42
Platyscelis polita (Sturm 1807)	St	Ks	OlgTr	Ep	FF	B6	0,41±0,08	0,26	0,59
Prosodes obtusa (Fabricius 1798)	St	Ks	OlgTr	Ep	FF	B6	0,36±0,07	0,22	0,51
Tentyria nomas (Pallas 1781)	St	Ks	OlgTr	Ep	FF	B6	3,97±0,81	2,49	5,67
Родина Melolonthidae									
Anoxia pilosa (Fabricius 1792) (larv.)	St	Ks	MsTr	End	FF	B7	8,53±1,41	6,10	11,58

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Родина Scarabaeidae									
Onthophagus (Palaeonthophagus) ovatus (Linnaeus, 1767)	St	Ks	MsTr	End	SF	B7	+		
Родина Silphidae									
Nicrophorus investigator (Zetterstedt, 1824)	PrSil	Ms	MgTr	Ep	ZF	A3	+		
Nicrophorus vespillo (Linnaeus 1758)	PrSil	Ms	MgTr	Ep	ZF	A3	+		
Ряд DIPTERA									
Родина Therevidae									
Thereva sp. (larv.)	Sil	Ms	MsTr	Ep	ZF	A2	1,07±0,37	0,30	1,68
Родина Asilidae									
Cyrtopogon lateralis (Fallen 1814) (larv.)	St	Ks	MsTr	End	ZF	B5	1,22±0,52	0,30	2,44
Родина Tabanidae									
Tabanus sp. (larv.)	Pr	Ms	OlgTr	End	ZF	B4	2,74±0,75	1,52	4,55
Ряд Lepidoptera									
Родина Noctuidae									
Agrotis sp. (larv.)	Sil	Ks	MsTr	End	FF	B4	6,40±1,00	4,57	8,53
Тип MOLLUSCA									
Клас Gastropoda									
Ряд Pulmonata									
Родина Cochlicopidae									
Cochlicopa lubrica (O.F. Muller 1774)	Sil	Hg	MsTr	Ep	FF	A1	0,30±0,22	0,00	0,76
Родина Succineidae									
Succinella oblonga (Draparnaud 1801)	Pal	Uhg	MsTr	Ep	FF	A3	0,30±0,30	0,00	0,91
Тип Chordata									
Клас Amphibia									
Ряд ANURA									
Родина Pelobatidae									
Pelobates fuscus (Laurenti 1768)	Pr	Ms	OlgTr	An	FF	B6	+		

Примітки: + - альтернативний спосіб лову; Cep – ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; Нуг – гігморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, Uhg – ультрагігрофіли; TrCep – трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; Tr – топоморфи: End – ендегейні, Ep – епігейні, Anes – норники; Ph – фороморфи: A – переміщення за допомогою існуючої поруватості ґрунту; B – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менше пор ґрунту; 2 – розміри тіла співмірні з порами; 3 – розміри тіла більше порожнин в підстильці або співмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщі тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; Tr – трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги.

1	2	3	4	5	6	7
Температура шару ґрунту 5–7 см, °С, 2/07/14 в 9 год 15 хвилин	22,72±0,27	12,22	0,83	0,37	0,26	–0,27
8/07/14 в 9 год 45 хвилин	22,01±0,30	14,05	0,77	0,30	0,27	–0,21
8/07/14 в 11 год 15 хвилин	23,86±0,36	15,54	0,77	0,37	0,33	–0,29
Ст. відхилення температури	1,50±0,09	59,57	0,46	0,29	0,32	–0,22
Вологість ґрунту, % (Moisture)	1,78±0,15	85,64	–0,81	–	–	0,29
Щільність ґрунту, г/см ³ (Density)	1,39±0,02	14,26	0,68	–	–	–0,28
Гравій 2–3,25 мм (Gravel_1)	1,46±0,49	342,04	–	–	–	–
Гравій 1–2 мм (Gravel_2)	7,61±1,14	153,36	–	–	–	–
Пісок великий 0,5–1 мм (Sand)	2,34±0,30	129,05	–	–	–	–
Пісок середній 0,25–0,5 мм (Silt)	46,71±1,15	25,16	0,60	0,25	–	–0,38
Пісок дрібний <0,25 мм (Loam)	41,00±1,26	31,49	–0,25	–	–	–
Корені, % (Roots)	13,83±1,37	101,20	–0,40	–0,66	–	0,22
<i>Фітоіндикаційні шкали Я. П. Дідуху (Diduh, 2011)</i>						
Hd	7,74±0,02	2,70	–0,49	0,45	–	–
Ffl	9,42±0,02	1,80	0,31	0,57	–	–
Rc	7,59±0,02	2,29	–0,65	–	–	0,25
Sl	6,16±0,02	3,11	–	–	–	0,32
Ca	7,68±0,01	1,76	–	–	–0,28	0,40
Nt	2,87±0,02	6,56	–0,45	0,32	–	–
Ae	4,42±0,01	2,01	–0,46	–	0,23	–
Tm	9,62±0,01	0,74	–0,24	–	–	–0,21
Om	10,97±0,01	1,02	–	0,63	0,26	–0,21
Kn	10,09±0,01	1,13	0,51	–	–	–
Cr	8,77±0,00	0,57	–	–0,34	–	–
Lc	9,33±0,00	0,32	–0,32	0,45	–	–
<i>Індекси, що засновані на екторморфах А. Л. Бельгарда (Belgard, 1950)</i>						
Трофоморфи (Troph_B)	1,30±0,02	12,34	–0,48	0,54	–	–

1	2	3	4	5	6	7
Гігроморфи (Hygr_B)	1,93±0,03	15,27	−0,20	0,56	–	–
Геліоморфи (Hel_B)	3,94±0,01	2,35	0,33	–	−0,21	–
<i>Частка ценоморф А. Л. Бельгарда у рослинному співтоваристві</i>						
Пратанти (Pr)	0,05±0,01	149,16	–	−0,25	0,26	–
Псамофіти (Ps)	0,68±0,03	41,09	0,83	–	–	−0,37
Сільванти (Sil)	0,17±0,03	176,57	−0,85	–	–	0,36
Степанти (St)	0,11±0,01	69,54	0,33	−0,21	–	−0,20
<i>Осі, що отримані при багатовимірному шкалювання рослинності (Ganga et al., 2015)</i>						
MDS 1	0,00±0,06	–	−0,91	–	–	0,31
MDS 2	0,00±0,04	–	–	0,74	–	–
MDS 3	0,00±0,03	–	0,20	–	–	0,27

Додаток 2

Таблиця 2.1

Едафічні характеристики ділянки в'язо-осокірника з розхідником

Показник	Середнє ± ст. помилка	Мінімум	Максимум	Персентиль	
				2,50 %	97,50 %
Твердість ґрунту, МПа					
1	2	3	4	5	6
0–5 см	1,03±	0,60	1,85	0,70	1,60
5–10 см	1,24±	0,80	1,80	0,80	1,65
10–15 см	1,37±	0,70	2,25	0,90	2,15
15–20 см	1,40±	0,80	2,95	0,90	2,35
20–25 см	1,46±	0,85	3,55	0,90	2,30
25–30 см	1,49±	0,80	3,65	0,90	3,00
30–35 см	1,56±	0,80	3,20	0,95	2,50
35–40 см	1,64±	0,75	3,70	1,00	2,80
40–45 см	1,86±	0,90	4,30	1,20	3,50
45–50 см	2,07±	1,00	4,45	1,30	4,00
50–55 см	2,25±	1,40	4,05	1,50	3,60
55–60 см	2,57±	1,20	4,80	1,35	4,00
60–65 см	2,84±	1,20	5,00	1,60	4,40
65–70 см	3,17±	1,40	5,00	1,85	5,00
70–75 см	3,35±	1,75	5,00	1,90	5,00
75–80 см	3,45±	1,50	5,20	1,75	5,00
80–85 см	3,63±	1,35	5,00	1,85	5,00
85–90 см	3,76±	1,40	5,00	1,90	5,00
90–95 см	3,90±	1,70	5,00	2,25	5,00
95–100 см	3,98±	1,90	5,00	2,30	5,00
Едафічні характеристики					

1	2	3	4	5	6
Температура шару ґрунту 5–7 см, °C	7,35±0,05	6,60	8,80	6,60	8,60
Вологість ґрунту, %	6,08±0,43	0,07	19,38	0,79	17,94
Щільність ґрунту, г/см ³	1,19±0,02	0,72	1,51	0,88	1,45
Електропровідність	0,30±0,01	0,17	0,54	0,18	0,47
Agr>10	11,06±0,52	0,00	24,40	1,31	22,86
Agr_7_10	9,46±0,23	4,90	15,74	5,53	15,09
Agr_5_7	9,14±0,20	5,41	14,49	5,56	14,00
Agr_3_5	12,47±0,23	6,93	17,82	8,12	17,72
Agr_2_3	19,92±0,65	10,40	37,96	10,84	36,32
Agr_1_2	28,61±0,78	10,00	45,68	12,38	45,08
Agr_0.5_1	1,17±0,05	0,28	2,57	0,42	2,27
Agr_0.25_0.5	4,90±0,33	0,56	14,00	0,76	12,52
Agr<0.25	3,39±0,25	0,56	11,44	0,67	8,70
Корені, %	0,97±0,02	0,00	3,78	0,05	3,53

Таблиця 2.2

Видовий склад і проективне покриття рослин в язо-осокирника з розхідником

Клі ма мор фа	Життєва фор ма	Українська назва	Латинь	Цено мор фи	Трофо мор фи	Гігро мо рфи	Геліо мор фи	Проектив не покри ття, %	Довірчий інтервал	
									-95 %	+ 95 %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ph	Дер	В'яз гладкий	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	Sil	MsTr	Ms	ScHe	7,97±0,77	6,49	9,53
		Груша звичайна	<i>Pyrus communis</i> L.	Sil	MgTr	MsK _s	ScHe	0,29±0,13	0,10	0,62
		Дуб звичайний	<i>Quercus robur</i> L.	Sil	MgTr	MsK _s	ScHe	18,92±1,15	16,65	21,11
		Клен гостролистий	<i>Acer platanoides</i> L.	Sil	MgTr	Ms	ScHe	0,59±0,17	0,32	0,99
		Клен ясенелистий	<i>Acer negundo</i> L.	Sil	MsTr	KsM _s	He	0,10±0,07	0,00	0,24
		Тополя біла	<i>Populus alba</i> L.	Sil	MsTr	Ms	He	1,03±0,26	0,58	1,59
		Ясен звичайний	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Sil	MgTr	KsM _s	ScHe	0,05±0,05	0,00	0,14
nPh	Кущ	Бирючина звичайна	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Sil	MsTr	MsK _s	ScHe	0,64±0,13	0,40	0,94
		Бруслина європейська	<i>Euonymus europaeus</i> L.	Sil	MsTr	KsM _s	ScHe	0,02±0,01	0,00	0,05
		Бузина чорна	<i>Sambucus nigra</i> L.	Sil	OgTr	Ms	ScHe	0,31±0,10	0,14	0,56
		Глід обманливий	<i>Crataegus fallacina</i> Klokov	St	MsTr	Ms	ScHe	7,02±0,40	6,20	7,77
		Жимолость татарська	<i>Lonicera tatarica</i> L.	Sil	MsTr	Ks	ScHe	0,19±0,07	0,08	0,39
		Жостер проносний	<i>Rhamnus cathartica</i> L.	Sil	OgTr	Ms	ScHe	0,10±0,07	0,00	0,24
		Клен татарський	<i>Acer tataricum</i> L.	Sil	MsTr	KsM _s	He	2,52±0,44	1,77	3,53
		Свидина кров'яна	<i>Cornus sanguinea</i> L.	Sil	MsTr	Ms	HeSc	0,15±0,07	0,06	0,33
НК r	Бр.	Буги́ла лісова	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0,18±0,08	0,06	0,40
		Гравілат міський	<i>Geum urbanum</i> L.	Sil	MgTr	Ms	ScHe	0,06±0,04	0,00	0,14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Костриця велетенська	<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.	Sil	MgTr	HgM _s	Sc	0,42±0,07	0,30	0,55
		Кропива дводомна	<i>Urtica dioica</i> L.	Ru	MsTr	HgM _s	ScHe	1,64±0,30	1,16	2,39
		М'яточник бур'яновий	<i>Ballota nigra</i> L.	St	MsTr	MsK _s	ScHe	0,25±0,08	0,13	0,47
		Розхідник звичайний	<i>Glechoma hederacea</i> L.	Sil	MgTr	Ms	ScHe	0,06±0,03	0,01	0,15
		Собача кропива п'ятилопастна	<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.	Sil	MsTr	MsK _s	ScHe	0,10±0,05	0,02	0,23
		Фіалка запашна	<i>Viola odorata</i> L.	Sil	MsTr	Ms	HeSc	0,02±0,01	0,00	0,05
		Чистотіл великий	<i>Chelidonium majus</i> L.	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0,11±0,03	0,06	0,19
	Дв	Кінський часник	<i>Alliaria petiolata</i> (M.Bieb.) Cavara et Grande	Sil	MsTr	KsM _s	HeSc	2,01±0,23	1,61	2,50
		Лопух справжній	<i>Arctium lappa</i> L.	Ru	MgTr	MsK _s	ScHe	0,07±0,05	0,01	0,27
	Од	Герань Робертова	<i>Geranium robertianum</i> L.	Sil	OgTr	KsM _s	ScHe	0,03±0,03	0,00	0,09
		Глуха кропива пурпурова	<i>Lamium purpureum</i> L.	Ru	MsTr	KsM _s	ScHe	0,10±0,03	0,05	0,16
Т	Од	Бугиля кербель	<i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.	Sil	MsTr	KsM _s	ScHe	9,10±1,18	7,08	11,62
		Мокриця середня	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill	St	MgTr	Ms	ScHe	3,62±0,63	2,54	5,07
		Підмаренник чіпкий	<i>Galium aparine</i> L.	Ru	MgTr	KsM _s	ScHe	0,62±0,11	0,44	0,87
G	Бр.	Конвалія звичайна	<i>Convallaria majalis</i> L.	Sil	MsTr	Ms	HeSc	0,22±0,09	0,08	0,45
		Проліска дволиста	<i>Scilla bifolia</i> L.	Sil	MgTr	Ms	ScHe	0,28±0,10	0,11	0,53
		Пшінка весняна	<i>Ficaria verna</i> Huds.	Sil	MgTr	Ms	HeSc	0,01±0,01	0,00	0,03
		Рястка Буше	<i>Ornithogalum boucheanum</i> (Kunth) Aschers.	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0,36±0,14	0,16	0,72
		Хміль звичайний	<i>Humulus lupulus</i> L.	Sil	MsTr	HgM _s	ScHe	2,62±0,29	2,10	3,25

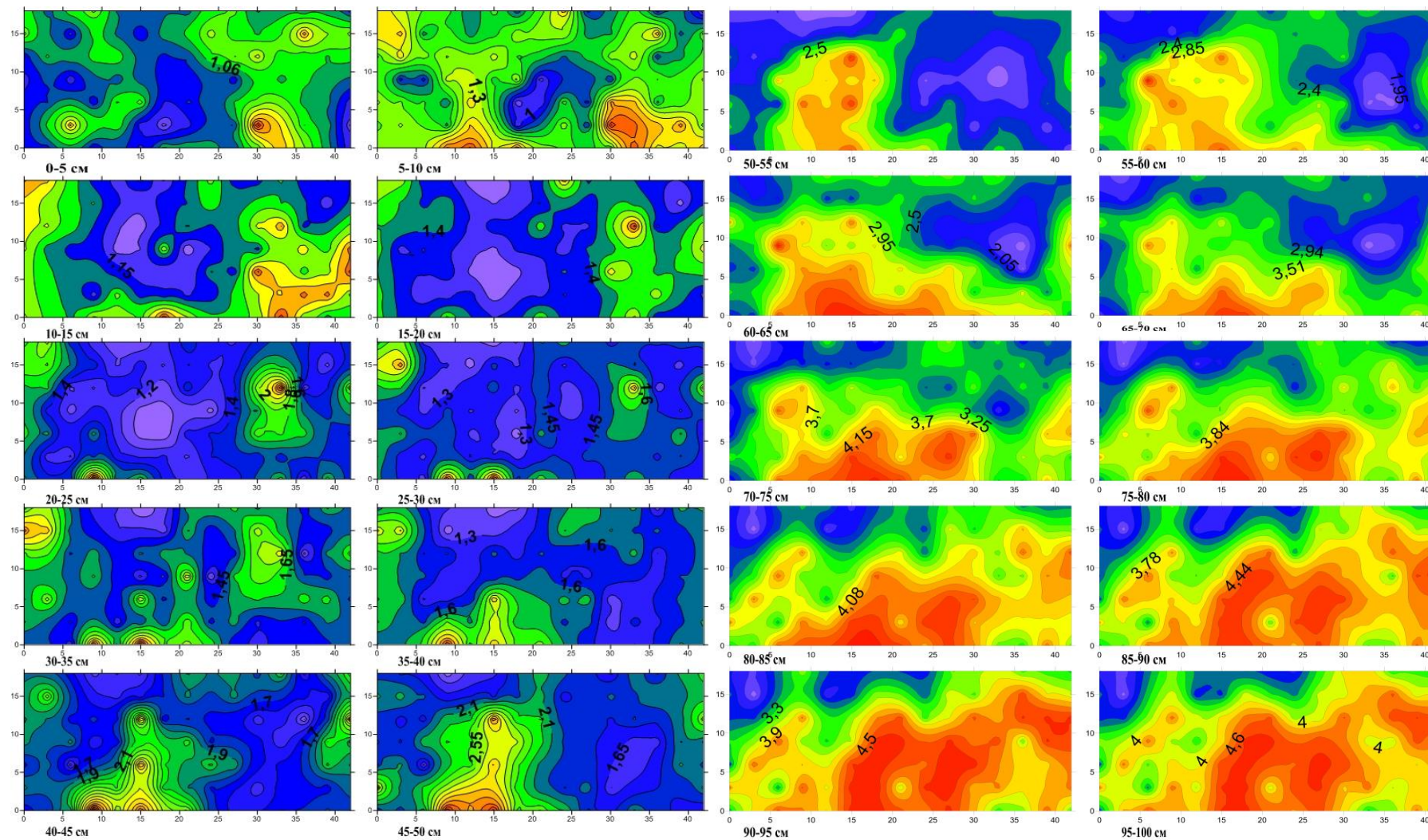


Рис.Д.2.1. Карти просторового розподілу твердості ґрунту (в МПа) вязо-осокірника з розхідником по шарах

Умовні позначення: осі абсцис і ординат - локальні координати, м

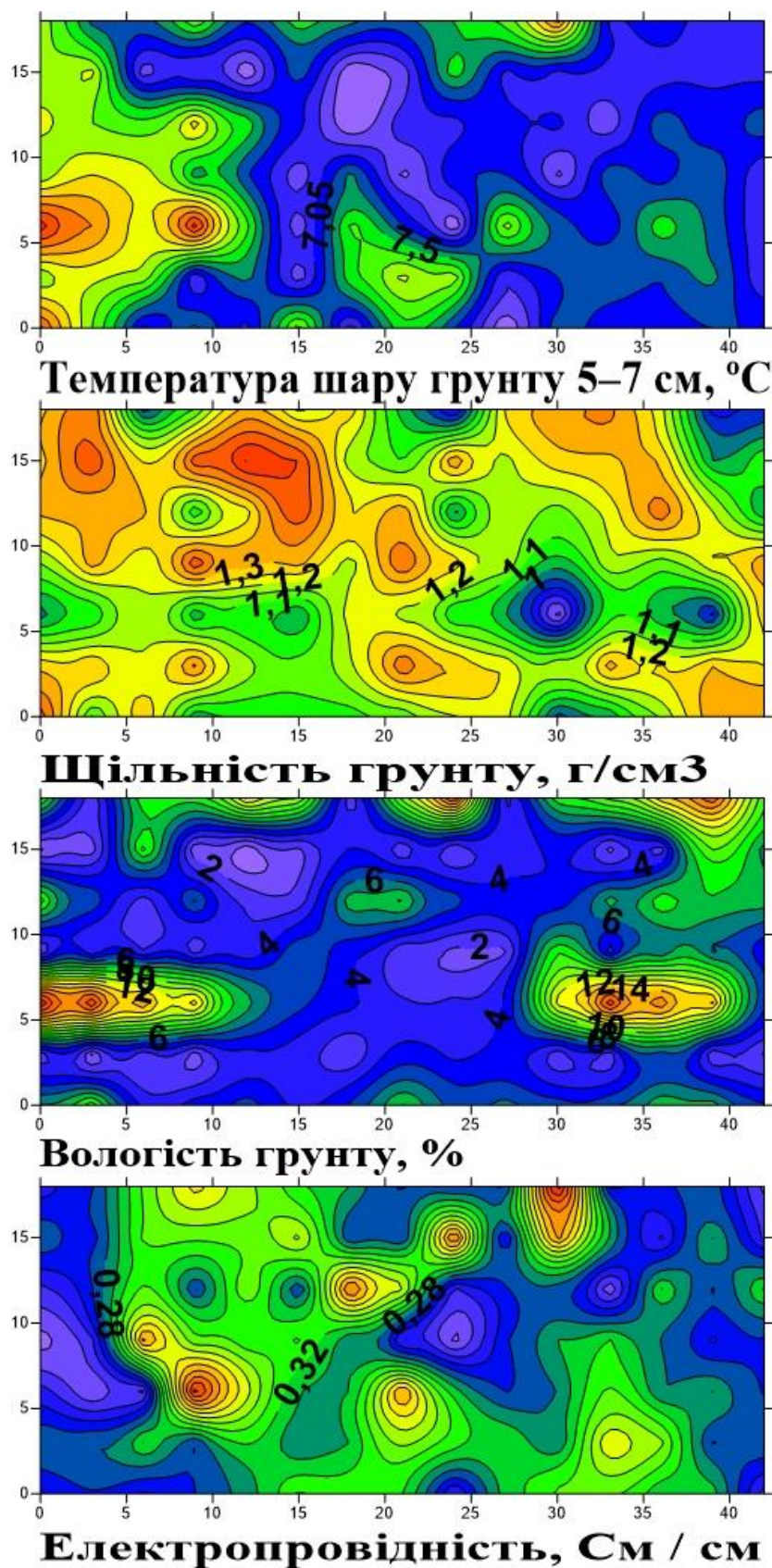


Рис. Д.2.2. Карти просторового розподілу едафічних характеристик ґрунту у шарі 0-5 см дубняку зі свіжим різнотрав'ям на території заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Умовні позначення: осі абсцис і ординат – локальні координати, м

Таблиця 2.3

Видовий склад, велика кількість (L-таблиця) і екоморфи (Q-таблиця) ґрунтової мезофауни вязо-осоки́рника з розхідником

Вид	Cen	Hyhr	CenTr	Top	Tr	Phor	Ab	Доверительный интервал	
								-95 %	+ 95 %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип ANNELIDA									
Клас OLIGOHAETA									
Ряд NAPLOTAXIDA									
Enchytraeidae spp.	Pr	Uhg	MsTr	End	SF	A1	92,50 ± 6,39	80,36	105,45
Родина Lumbricidae									
Aporrectodea caliginosa trapezoides (Duges, 1828)	Pr	Ms	MsTr	End	SF	B4	43,73 ± 3,94	35,90	51,50
A. rosea rosea (Savigny, 1826)	St	Ms	MgTr	End	SF	B4	24,69 ± 3,52	18,29	32,00
Dendrobaena octaedra (Savigny, 1826)	Pr	Uhg	MsTr	Ep	SF	B4	3,96 ± 0,95	2,44	6,25
Dendrodrilus rubidus tenuis (Eisen, 1874)	Pr	Hg	MsTr	Ep	SF	B4	0,76 ± 0,65	0,00	3,20
Eiseniella tetraedra tetraedra (Savigny, 1826)	Pal	Uhg	MgTr	Ep	SF	B4	0,15 ± 0,15	0,00	0,46
Octodrilus transpadanus (Rosa, 1884)	Pr	Ms	MgTr	Anec	SF	B4	22,86 ± 2,73	17,68	28,34
Тип ARTHROPODA									
Клас MALACOSTRACA									
Ряд ISOPODA									
Родина Trachelipodidae									
Trachelipus rathkii (Brandt, 1833)	Pr	Uhg	MsTr	Ep	SF	A3	4,42 ± 0,69	3,05	5,64
Клас ARACHNIDA									
Ряд ARANEAE									
Родина Lycosidae									
Lycosidae sp.	Sil	Hg	MsTr	Ep	ZF	A3	4,42 ± 0,98	2,59	6,55
Клас CHILOPODA									
Ряд GEOPHILOMORPHA									
Родина Geophilidae									
Geophilus proximus C. L. Koch, 1847	Pr	Ms	MsTr	Anec	ZF	A2	12,80 ± 1,62	9,75	16,15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>G. flavus</i> (De Geer, 1778)	Sil	Hg	MgTr	End	ZF	A2	3,05 ± 0,88	1,52	5,03
<i>Pachymerium ferrugineum</i> (C. L.Koch, 1835)	St	Ks	OlgTr	Ep	ZF	A2	0,15 ± 0,15	0,00	0,46
Ряд LITHOBIOMORPHA									
Родина Lithobiidae									
<i>Lithobius</i> (<i>Monotarsobius</i>) <i>aeruginosus</i> L. Koch, 1862	Pr	Uhg	MsTr	Ep	ZF	A1	0,91 ± 0,43	0,15	1,90
<i>L.</i> (<i>Monotarsobius</i>) <i>curtipes</i> C. L. Koch, 1847	Pr	Hg	MsTr	Ep	ZF	A2	7,62 ± 1,11	5,49	9,90
Клас DIPLOPODA									
Ряд JULIDA									
Родина Julidae									
<i>Brachyiulus jawlowskii</i> Lohmander, 1928	St	Ms	MsTr	Ep	SF	A3	0,15 ± 0,15	0,00	0,46
Клас INSECTA									
Ряд DERMAPTERA									
Родина Forficulidae									
<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus, 1758	Pr	Ms	MsTr	Ep	SF	A3	1,83 ± 0,74	0,61	3,66
Ряд COLEOPTERA									
Родина Carabidae									
<i>Carabidae</i> (im.)	Sil	Hg	MsTr	Ep	ZF	A3	10,06 ± 1,73	6,86	13,87
<i>Carabus</i> sp.	Sil	Hg	MsTr	Ep	ZF	A3	0,61 ± 0,30	0,15	1,22
Родина Silphidae									
<i>Silpha carinata</i> Herbst, 1783	Pal	Uhg	MgTr	Ep	SF	A3	0,15 ± 0,15	0,00	0,46
Родина Staphylinidae									
<i>Staphylininae</i> spp.	Pr	Hg	OlgTr	End	ZF	A1	1,83 ± 0,50	0,91	2,90
Родина Scarabaeidae									
<i>Amphimallon solstitiale</i> (Linnaeus, 1758)	Sil	Ms	MsTr	End	FF	B7	0,15 ± 0,15	0,00	0,46
<i>A. assimile</i> (Herbst, 1790)	Sil	Ms	MgTr	End	FF	B7	0,15 ± 0,15	0,00	0,46
<i>Melolontha melolontha</i> (Linnaeus, 1758)	St	Ks	MsTr	End	FF	B7	1,68 ± 0,48	0,76	2,59
Родина Cantharidae									
<i>Malthodes</i> (<i>Malthodes</i>) <i>marginatus</i> (Latreille, 1806)	Sil	Ms	MsTr	End	ZF	A3	0,30 ± 0,21	0,00	0,76
Родина Elateridae									
<i>Agrypnus murinus</i> (Linnaeus, 1758)	Sil	Ks	MsTr	End	ZF	B5	0,61 ± 0,30	0,15	1,22
<i>Athous</i> (<i>Athous</i>) <i>haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1801)	Pr	Hg	MgTr	End	ZF	B5	17,07 ± 2,05	13,10	21,18
<i>Elateridae</i> spp.	Pal	Ms	MsTr	End	FF	B5	0,15 ± 0,15	0,00	0,46

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Родина Tenebrionidae									
<i>Isomira murina</i> (Linnaeus, 1758)	Sil	Ms	MsTr	End	FF	B6	0,30 ± 0,21	0,00	0,76
<i>Helops coeruleus</i> (Linnaeus, 1758)	Sil	Hg	OlgTr	End	FF	B6	1,68 ± 0,48	0,76	2,59
Родина Chrysomelidae									
Chrysomelidae	Sil	Hg	UmgTr	End	FF	B7	1,98 ± 0,70	0,91	3,66
Родина Curculionidae									
Otiorrhynchus sp.	St	Ks	MsTr	End	FF	B7	4,27 ± 0,98	2,44	6,40
Ряд DIPTERA									
Родина Tipulidae									
Tipula sp.	Pal	Uhg	MsTr	Ep	SF	B4	0,30 ± 0,21	0,00	0,76
Родина Rhagionidae									
Rhagio sp.	Sil	Ms	OlgTr	End	ZF	A1	2,13 ± 0,60	1,07	3,35
Родина Stratiomyidae									
Stratiomys sp.	Sil	Ms	MsTr	Ep	ZF	A2	0,76 ± 0,39	0,15	1,68
Родина Asilidae									
Cyrtopogon lateralis (Fallen, 1814)	St	Ks	MsTr	End	ZF	B5	0,30 ± 0,22	0,00	0,76

Примітки: + - альтернативний спосіб лову; Cen – ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; Hg – гігморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, Uhg – ультрагігрофіли; TrCen – трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; Tr – топоморфи: End – ендегейні, Ep – епігейні, Anec – норники; Ph – фоморфи: A – переміщення за допомогою існуючої поруваності ґрунту; B – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менше пор ґрунту; 2 – розміри тіла співмірні з порами; 3 – розміри тіла більше порожнин в підстилці або співмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщі тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; Tr – трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги.

Таблиця 2.4

Детермінанти екологічного простору ґрунтової мезофауни (R-таблиця) на території в'язо-осокірника з розхідником

Параметри довкілля	Середнє	Довірчий інтервал		CV, %	Кореляція з RLQ вісями (тільки достовірні r на рівні $p < 0,05$)		
		– 95 %	+ 95%		1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Твердість ґрунту (в МПа) на глибині, см</i>							
0–5 см	1,03	0,99	1,07	19,33	–	–	0,24
5–10 см	1,24	1,19	1,28	17,66	–	–0,28	0,19
10–15 см	1,37	1,31	1,43	22,45	–	–0,39	0,28
15–20 см	1,40	1,33	1,47	25,82	–	–0,48	–
20–25 см	1,46	1,38	1,54	28,60	–	–0,53	–0,31
25–30 см	1,49	1,40	1,58	32,28	–	–0,56	–0,49
30–35 см	1,56	1,48	1,63	25,86	–	–0,62	–0,50
35–40 см	1,64	1,55	1,72	26,87	–	–0,65	–0,50
40–45 см	1,86	1,76	1,96	28,21	–0,22	–0,60	–0,41
45–50 см	2,07	1,96	2,18	27,81	–0,30	–0,52	–0,37
50–55 см	2,25	2,15	2,36	23,61	–0,56	–0,18	–
55–60 см	2,57	2,44	2,70	26,11	–0,69	–	–
60–65 см	2,84	2,69	2,99	26,87	–0,75	–	–
65–70 см	3,17	3,01	3,33	26,38	–0,81	–0,40	–
70–75 см	3,35	3,19	3,51	25,29	–0,87	–0,42	–
75–80 см	3,45	3,27	3,62	25,87	–0,89	–0,45	–
80–85 см	3,63	3,45	3,82	25,75	–0,85	–0,52	–
85–90 см	3,76	3,57	3,95	25,74	–0,84	–0,50	–
90–95 см	3,90	3,73	4,08	22,89	–0,82	–0,48	–
95–100 см	3,98	3,82	4,15	21,47	–0,81	–0,44	–
<i>Агрегатна структура, %</i>							
>10 мм	11,06	10,03	12,10	48,22	–	–	–0,22
7–10 мм	9,46	9,00	9,92	25,07	–	–	–0,16
5–7 мм	9,14	8,75	9,53	21,99	–	0,34	–
3–5 мм	12,47	12,01	12,94	19,26	–	0,24	–

1	2	3	4	5	6	7	8
2–3 мм	19,92	18,64	21,21	33,34	–0,26	–	0,35
1–2 мм	28,61	27,05	30,16	28,07	–	–	0,19
0,5–1 мм	1,17	1,08	1,27	42,38	–	–0,28	–0,39
0,25–0,5 мм	4,90	4,26	5,55	68,18	0,25	–	–0,48
<0,25 мм	3,39	2,90	3,88	74,55	0,28	–	–0,36
<i>Едафичні характеристики</i>							
Процент вмісту коренів, в % (Roots)	0,97	0,79	1,15	95,65	–0,16	–	0,46
Електропровідність ґрунту дСм/м (EC)	0,30	0,28	0,31	24,80	–0,27	0,42	–0,18
Температура шару ґрунту, 5–7 см, °C	7,34	7,25	7,43	6,55	–	0,21	–0,16
Щільність підстилки, см	4,03	3,84	4,22	24,41	0,47	–	–0,20
Вологість ґрунту, %	6,16	5,28	7,03	73,46	–	0,23	0,33
Щільність ґрунту, см ³ /г	1,19	1,16	1,22	13,06	0,25	–	–0,45
<i>Фітоіндикаційні шкали Д. Н. Циганова</i>							
Tm	10,26	10,24	10,29	1,12	–	–0,28	–
Kn	9,94	9,91	9,98	1,78	–	–	–
Om	7,67	7,64	7,69	1,71	–0,23	–0,18	–
Cr	10,37	10,35	10,38	0,81	0,14	–0,17	–
Hd	12,07	12,05	12,10	1,05	–	0,35	–0,22
Tr	7,10	7,07	7,12	1,61	–	–	0,19
Nt	10,80	10,78	10,82	0,84	–	0,22	–
Rc	9,36	9,34	9,38	1,05	–	–	–
Lc	2,17	2,14	2,20	6,48	–0,34	–	–
<i>Екоморфи рослин А. Л. Бельгарда</i>							
Трофоморфи (Troph_B)	2,38	2,32	2,43	11,15	0,19	–	0,14
Гігроморфи (Hygr_B)	3,25	3,17	3,34	13,39	–	–	–0,27
Геліоморфи (Hel_B)	2,97	2,95	2,99	3,27	–	–	–
Сільванти, % (Sil)	0,87	0,84	0,90	16,58	–0,30	–0,19	–

Додаток 3

Таблиця 3.1

Едафічні характеристики ділянки луки

Показник	Середнє $\pm$ ст. помилка	Мінімум	Максимум	Персентиль	
				2,50 %	97,50 %
1	2	3	4	5	6
<i>Твердість ґрунту, МПа</i>					
0–5 см	0,98 $\pm$ 0,03	0,50	2,00	0,50	1,20
5–10 см	1,14 $\pm$ 0,04	0,50	2,10	0,60	1,40
10–15 см	1,15 $\pm$ 0,04	0,60	2,65	0,60	1,40
15–20 см	1,05 $\pm$ 0,04	0,50	3,40	0,50	1,20
20–25 см	1,00 $\pm$ 0,04	0,50	3,45	0,60	1,10
25–30 см	1,07 $\pm$ 0,04	0,50	3,60	0,60	1,15
30–35 см	1,28 $\pm$ 0,05	0,70	3,80	0,75	1,40
35–40 см	1,60 $\pm$ 0,05	0,75	3,90	0,90	1,90
40–45 см	1,98 $\pm$ 0,05	1,00	4,30	1,20	2,20
45–50 см	2,30 $\pm$ 0,05	1,40	4,70	1,50	2,55
50–55 см	2,59 $\pm$ 0,06	1,50	5,00	1,70	2,90
55–60 см	2,84 $\pm$ 0,06	1,60	5,00	1,80	3,20
60–65 см	3,17 $\pm$ 0,08	1,90	5,00	2,00	3,65
65–70 см	3,48 $\pm$ 0,09	2,15	5,00	2,20	4,05
70–75 см	3,82 $\pm$ 0,09	2,20	5,00	2,25	5,00
75–80 см	4,10 $\pm$ 0,08	2,40	5,00	2,60	5,00
80–85 см	4,30 $\pm$ 0,08	2,40	5,00	2,65	5,00
85–90 см	4,42 $\pm$ 0,07	2,40	5,00	2,80	5,00
90–95 см	4,52 $\pm$ 0,07	2,50	5,00	2,75	5,00
95–100 см	4,64 $\pm$ 0,06	2,65	5,00	2,90	5,00

1	2	3	4	5	6
<i>Едафічні характеристики</i>					
Температура шару ґрунту 5–7 см, °C *(15.05.14)	17,10±0,15	12,70	20,90	14,00	18,10
Вологість ґрунту, %	26,47±0,79	12,27	51,92	14,31	30,80
Щільність ґрунту, г/см ³	0,90±0,01	0,58	1,21	0,63	1,03
Електропровідність	0,76±0,08	0,00	2,80	0,00	1,42
Agr>10	36,20±1,43	6,06	71,16	8,69	63,84
Agr_7_10	36,20±0,27	6,06	71,16	8,69	49,02
Agr_5_7	8,61±0,18	2,24	14,99	2,85	10,59
Agr_3_5	7,97±0,24	3,40	12,73	3,98	9,24
Agr_2_3	9,55±0,27	3,32	18,59	4,26	10,90
Agr_1_2	10,56±0,44	5,64	18,18	5,93	12,39
Agr_0.5_1	11,52±0,09	4,96	23,84	5,11	14,14
Agr_0.25_0.5	1,94±0,34	0,39	4,34	0,52	2,49
Agr<0.25	36,20±0,48	6,06	71,16	8,69	49,02
Корені, %	1,42±0,09	0,02	4,34	0,05	4,23

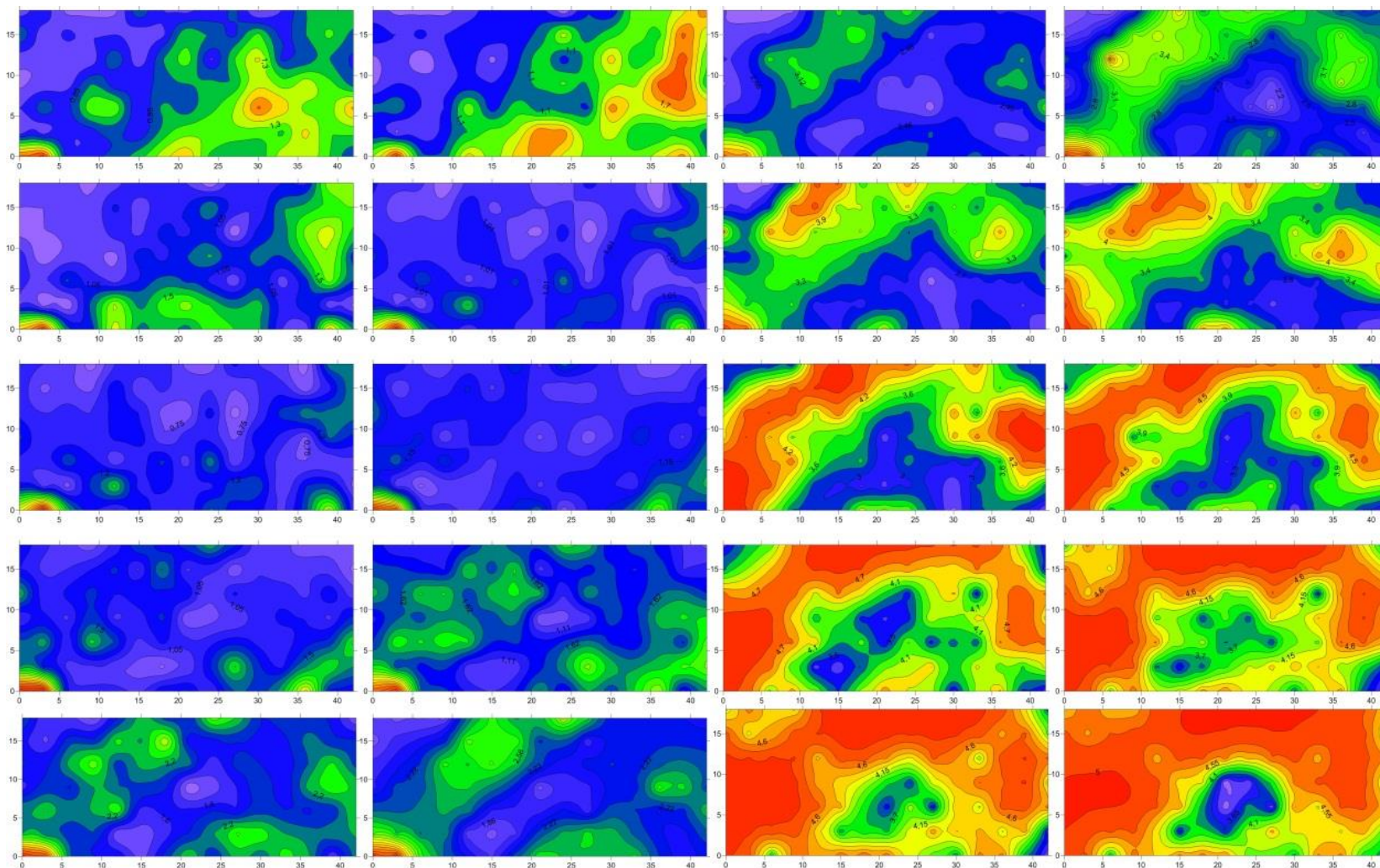


Рис. Д.3.1. Карти просторового розподілу твердості ґрунту (в МПа) на території луки по шарах

Умовні позначення: осі абсцис і ординат – локальні координати, м

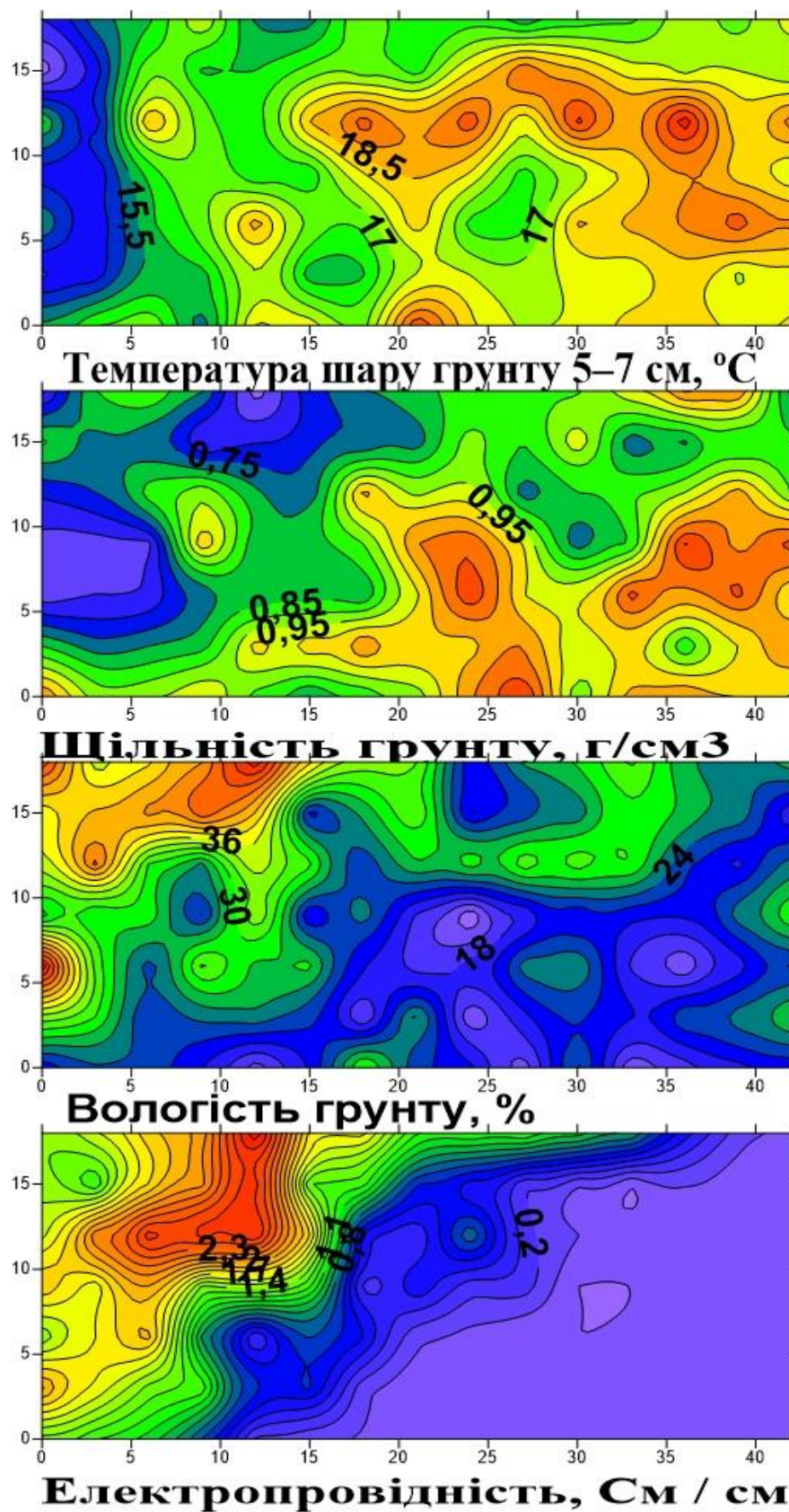


Рис. Д.3.2. Карти просторового розподілу едафічних характеристик ґрунту у шарі 0-5 см луки на території заповідника «Дніпровсько-Орільський»
 Умовні позначення: осі абсцис і ординат – локальні координати,

Таблиця 3.2

Видове різноманіття та екоморфічна структура рослинності луки

Кліма морфа	Назва рослини		Екоморфи за О. Л. Бельгардом (1950)				Проектив не покриття, %	Довірчий інтервал		Виміри, одержані внаслідок багатовимірного шкалювання			
	Латинська	Українська	Цено морф и	Трофо морфи	Гігро морфи	Геліо морфи		-95 %	+ 95 %	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ph	Pyrus communis L.	Груша звичайна	Sil	MgTr	MsKs	ScHe	0.05±0.05	0.00	0.14	-9.03	- 11.2 0	0.62	4.71
	Quercus robur L.	Дуб звичайний	Sil	MgTr	MsKs	ScHe	0.92±0.14	0.67	1.22	1.87	0.11	- 0.34	-1.07
	Ulmus laevis Pall.	В'яз гладкий	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0.08±0.04	0.01	0.19	-6.49	- 2.75	- 5.24	3.02
nPh	Acer tataricum L.	Клен татарський	Sil	MsTr	KsMs	He	0.16±0.05	0.08	0.32	-0.54	0.96	2.77	0.03
	Amorpha fruticosa L.	Аморфа кущова	Sil	MgTr	KsMs	ScHe	0.28±0.10	0.11	0.51	-0.88	0.98	4.02	-0.72
HKr	Achillea millefolium L.	Деревій майже звичайний	Pr	MgTr	KsMs	He	1.84±0.20	1.45	2.22	2.36	0.82	0.20	0.01
	Agrostis stolonifera L.	Полевиця собачья	Pal	MsTr	MsHg	ScHe	0.52±0.21	0.19	1.10	-6.22	- 6.07	- 4.76	-1.99
	Althaea officinalis L.	Алтей лекарственный	Pr	MgTr	Ms	He	0.42±0.11	0.24	0.70	1.63	0.60	0.84	1.40
	Arrhenatherum elatius (L.) J.	Райграс високий	Pr	MsTr	KsMs	He	2.99±0.43	2.19	3.89	-1.83	2.50	2.64	-0.93

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	<i>Artemisia frigida</i> Eichw.	Полин австрійський	St	MsTr	Ks	He	1.22±0.24	0.82	1.79	3.62	- 2.90	- 0.68	2.04
	<i>Artemisia pontica</i> L.	Полин понтійський	St	MsTr	MsKs	ScHe	0.24±0.11	0.09	0.56	4.09	- 1.81	- 1.19	0.36
	<i>Asparagus officinalis</i> L.	Холодок лікарський	St	MgTr	MsKs	ScHe	0.01±0.01	0.00	0.03	4.20	- 1.64	3.14	8.34
	<i>Aster sedifolius</i> L. subsp. <i>Dracunculoideus</i> (Lam.) Merxm.	Солонечник Новопокровського	Pr	MsTr	Ks	ScHe	0.01±0.01	0.00	0.03	-0.43	0.70	6.47	7.06
	<i>Bromus hordeaceus</i> L.	Бромус м'який	St	MsTr	KsMs	ScHe	0.24±0.09	0.09	0.46	3.83	2.57	0.52	1.30
	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.	Плетуха звичайна	Pal	MsTr	MsHg	ScHe	1.66±0.34	1.06	2.45	-6.31	- 0.49	- 2.26	0.49
	<i>Campanula patula</i> L.	Дзвоники розлогі	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0.70±0.15	0.44	1.02	3.95	2.05	- 3.57	-1.11
	<i>Centaurea scabiosa</i> L.	Волошка скабіозовидна	St	MgTr	MsKs	ScHe	0.31±0.15	0.10	0.74	-7.57	- 8.36	- 2.68	0.01
	<i>Cichorium intybus</i> L.	Цикорій дикий	Pr	MsTr	MsKs	He	0.20±0.06	0.09	0.34	1.04	4.44	- 1.14	1.43
	<i>Daucus carota</i> L.	Морква дика	Ru	OgTr	MsKs	ScHe	0.63±0.10	0.45	0.85	-1.81	2.13	0.39	1.64
	<i>Dianthus chinensis</i> L.	Гвоздика Фішера	Ps	OgTr	MsKs	ScHe	0.10±0.04	0.04	0.20	5.33	- 3.38	- 0.25	3.37
	<i>Festuca valesiaca</i> Goud. s.l.	Костриця валіська	St	MgTr	MsKs	He	7.88±0.47	6.90	8.76	0.09	0.79	- 0.32	-0.42

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Galium verum subsp. wirtgenii (F.W.Schultz) Oborny	Підмаренник південнобугський	St	MgTr	MsKs	He	0.09±0.06	0.01	0.27	-0.10	- 0.56	- 2.62	7.88
	Geum urbanum L.	Гравілат міський	Sil	MgTr	Ms	ScHe	0.03±0.03	0.00	0.09	0.78	4.30	- 1.40	-6.74
	Glechoma hederacea L.	Розхідник звичайний	Sil	MgTr	Ms	ScHe	1.16±0.26	0.71	1.76	-5.85	- 1.67	- 0.62	2.90
	Gypsophila paniculata L.	Лещиця волотиста	St	MsTr	KsMs	He	0.39±0.11	0.22	0.64	4.29	- 2.69	0.34	0.59
	Heracleum sibiricum L.	Борщевік сибірський	Pr	MsTr	KsMs	ScHe	0.19±0.09	0.05	0.38	-7.19	- 1.68	- 1.94	4.49
	Hypericum perforatum L.	Звіробій звичайний	Pr	MsTr	MsKs	ScHe	0.05±0.05	0.00	0.14	0.87	7.90	7.37	-0.70
	Inula britannica L.	Оман британський	Pr	MsTr	Ms	He	0.29±0.10	0.13	0.54	1.50	- 0.59	4.27	0.50
	Juncus gerardii Loisel.	Ситник Жерара	Pal	AlkTr	Ms	He	0.65±0.19	0.33	1.10	-4.38	3.61	0.13	-3.24
	Limonium hypanicum Klok.	Кермек південнобугський	Pr	AlkTr	MsKs	He	0.43±0.13	0.23	0.79	-3.56	0.67	- 0.67	0.48
	Lycopus europaeus L.	Вовконіг європейський	Pal	MsTr	MsHg	ScHe	1.30±0.20	0.93	1.72	3.76	- 0.90	0.35	1.00
	Lysimachia nummularia L.	Вербозілля лучне	Pr	MsTr	Ms	ScHe	0.03±0.03	0.00	0.09	-8.18	- 1.65	1.82	9.41
	Medicago lupulina L.	Люцерна хмелевидна	Pr	MsTr	KsMs	He	0.25±0.10	0.10	0.50	-5.31	0.26	- 3.87	5.59

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	<i>Medicago sativa</i> ssp.	Люцерна румунська	Pr	MgTr	KsMs	He	1.17±0.17	0.88	1.51	-1.57	1.00	2.02	-0.59
	<i>Phleum pratense</i> L.	Тимофіївка лучна	Pr	MsTr	Ms	He	0.32±0.11	0.15	0.62	-8.13	-3.41	-3.90	0.52
	<i>Pilosella echiioides</i> (Lumn.)	Нечуйвітер синяковидний	St	MsTr	MsKs	HeSc	0.01±0.01	0.00	0.03	1.95	-2.57	-0.34	-1.11
	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Подорожник ланцетолистий	Ru	MsTr	MsKs	He	0.99±0.26	0.59	1.67	-5.65	-4.61	-0.60	-1.81
	<i>Plantago major</i> L.	Подорожник великий	Pr	MgTr	Ms	ScHe	0.49±0.13	0.27	0.78	4.67	-3.59	-0.46	1.55
	<i>Plantago media</i> L.	Подорожник середній	St	MgTr	MsKs	He	1.83±0.25	1.36	2.33	-2.13	1.67	-2.39	0.24
	<i>Polygala podolica</i> D&C	Кистятки подільські	St	MsTr	Ks	ScHe	10.30±0.50	9.31	11.25	-0.05	-0.22	0.76	-0.13
	<i>Potentilla anserina</i> L.	Перстач гусячий	Pr	AlkTr	Ms	He	0.77±0.15	0.50	1.10	-0.98	4.40	1.71	0.55
	<i>Potentilla argentea</i> L.	Перстач сріблястий	Pr	MsTr	KsMs	ScHe	1.21±0.20	0.86	1.67	-4.95	-2.09	-0.60	0.01
	<i>Potentilla recta</i> subsp. <i>obscura</i> (Willd.) Arcang.	Перстач темний	Ptr	MgTr	KsMs	He	1.30±0.21	0.91	1.72	4.11	-2.27	-0.98	-0.46
	<i>Prunella vulgaris</i> L.	Суховершки звичайні	Pr	MgTr	Ms	He	0.03±0.03	0.00	0.09	-9.03	-8.87	-6.48	-2.00
	<i>Ranunculus repens</i> L.	Жовтець повзучий	Pr	MsTr	Ms	ScHe	0.02±0.01	0.00	0.05	1.03	3.70	-3.05	4.13
	<i>Salvia nemorosa</i> L.	Сальвія дібровна	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0.21±0.08	0.09	0.42	-6.79	-2.32	-3.09	0.30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	<i>Silene flos-cuculi</i> (L.)	Зозулин цвіт звичайний	Pr	MsTr	MsHg	ScHe	0.01±0.01	0.00	0.03	5.75	0.23	4.07	3.91
	<i>Silene tatarica</i> (L.) Pers.	Смілка татарська	Ps	MsTr	KsMs	ScHe	0.01±0.01	0.00	0.03	3.54	- 3.96	- 1.96	6.40
	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	Кульбаба лікарська	St	MsTr	KsMs	ScHe	2.32±0.24	1.89	2.80	-0.51	1.58	- 0.38	0.57
	<i>Thalictrum minus</i> L.	Рутвиця мала	St	MsTr	KsMs	ScHe	0.42±0.11	0.24	0.69	-6.26	- 3.28	- 0.88	-0.60
	<i>Tragopogon ucrainicus</i> Artemcz.	Козельці українські	Ps	OgTr	MsKs	He	0.01±0.01	0.00	0.03	3.08	- 2.13	- 2.70	0.60
	<i>Trifolium montanum</i> L.	Конюшина гірська	Pr	MsTr	KsMs	HeSc	0.39±0.12	0.20	0.69	-3.09	3.56	1.94	0.04
	<i>Trifolium repens</i> L.	Конюшина повзуча	Pr	MgTr	HgMs	He	0.05±0.05	0.00	0.14	2.19	2.25	- 3.20	7.54
	<i>Valeriana officinalis</i> L.	Валеріана лікарська	Pr	MsTr	HgMs	ScHe	0.09±0.05	0.00	0.17	-4.34	1.05	- 1.52	1.73
	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Вероніка дібровна	St	MgTr	Ms	ScHe	0.11±0.05	0.04	0.24	3.81	- 2.76	- 0.04	2.16
	<i>Vicia cracca</i>	Горошок мишачий	Pr	MsTr	HgMs	He	0.84±0.22	0.48	1.31	-0.88	1.74	- 5.35	0.37
	<i>Vincetoxicum rossicum</i>	Ластовень російський	Sil	MsTr	Ms	ScHe	0.01±0.01	0.00	0.03	-1.00	0.03	4.15	-1.58
	<i>Viola ambigua</i> Waldst. et Kit.	Фіалка двозначна	St	MgTr	MsKs	ScHe	0.09±0.04	0.03	0.20	2.94	- 3.18	2.97	-3.62
T	<i>Anthemis arvensis</i> L.	Роман руський	Ps	OgTr	MsKs	ScHe	0.01±0.01	0.00	0.03	4.04	- 3.50	- 0.14	2.19
	<i>Atriplex prostrata</i>	Лутига лежача	Ru	MsTr	Ms	ScHe	0.12±0.06	0.04	0.29	0.41	1.05	3.59	1.20
	<i>Carduus acanthoides</i> L.	Будяк акантовидний	Sil	MsTr	KsMs	ScHe	0.03±0.03	0.00	0.09	-7.46	- 4.92	- 6.67	-4.90

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	<i>Crepis foetida</i> subsp. <i>Rhoeadifolia</i>	Баркгаузія маколиста	Ru	MsTr	MsKs	He	0.02±0.02	0.00	0.06	-1.00	0.03	4.15	-1.58
	<i>Descurainia sophia</i> L.	Кудрявець Софії	St	MsTr	KsMs	He	0.01±0.01	0.00	0.03	5.23	-0.88	-2.46	8.17
	<i>Erigeron annuus</i> (L.)	Стенактіс однорічний	Ru	MsTr	MsKs	ScHe	0.83±0.16	0.53	1.18	3.20	-0.83	-0.56	-1.84
	<i>Galium aparine</i> L.	Підмареник чіпкий	Ru	MgTr	KsMs	ScHe	0.03±0.03	0.00	0.09	-0.21	-0.97	7.51	1.20
	<i>Lactuca serriola</i> L.	Латук коМПасний	St	MsTr	KsMs	He	0.06±0.04	0.00	0.14	4.98	-2.49	0.24	1.83
	<i>Trifolium arvense</i> L.	Конюшина польова	Ps	OgTr	KsMs	He	0.20±0.08	0.08	0.41	2.39	-1.21	-0.26	-2.76
	<i>Valerianella locusta</i> (L.)	Мласкавець колосковий	Ru	MsTr	Ms	He	0.93±0.15	0.67	1.28	2.72	-0.65	2.32	-0.61
	<i>Vicia tetrasperma</i> .	Горошок чотиринасінний	Pr	MsTr	KsMs	ScHe	1.21±0.15	0.91	1.51	-0.66	-0.34	0.07	-1.46
	<i>Viola arvensis</i>	Фіалка кітайбелева	Ru	MsTr	KsMs	ScHe	0.01±0.01	0.00	0.03	2.60	3.16	4.82	2.93
G	<i>Ajuga genevensis</i> L.	Горлянка женеvська	Pr	MsTr	MsKs	ScHe	0.13±0.06	0.04	0.31	4.32	-1.23	1.22	2.23
	<i>Alopecurus pratensis</i>	Лисохвост тростниковий	Pr	MgTr	Ms	He	1.25±0.24	0.84	1.77	2.86	-2.72	0.41	-0.25
	<i>Anacamptis palustris</i>	Ятрышник болотний	Pal	MsTr	MsHg	He	0.10±0.06	0.03	0.29	-7.49	0.75	-4.24	-2.01
	<i>Bromus inermis</i> Leyss.	Стоколос безостий	St	MsTr	KsMs	He	0.23±0.10	0.08	0.48	2.23	2.74	-0.59	0.28
	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.)	Куничник наземний	Pr	OgTr	Ms	ScHe	1.42±0.24	1.01	1.96	-1.59	1.59	-1.21	3.67
	<i>Cirsium arvense</i> (L.)	Осот польовий	Ru	MsTr	MsKs	He	0.02±0.01	0.00	0.05	-3.42	2.09	6.70	-4.60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Convolvulus arvensis L.	Берізка польова	St	MsTr	MsKs	ScHe	0.03±0.03	0.00	0.09	-4.43	1.66	8.44	-7.56
	Elymus repens (L.) Gould	Пирій повзучий	Pr	MsTr	KsMs	ScHe	4.24±0.47	3.47	5.30	0.89	0.10	- 1.26	-1.65
	Eryngium planum L.	Миколайчики плоскі	Pr	MsTr	MsKs	ScHe	7.87±0.80	6.39	9.47	3.39	0.02	- 0.01	0.47
	Linaria vulgaris Mill.	Льонок звичайний	Ru	MsTr	MsKs	He	1.50±0.21	1.10	1.92	4.33	- 1.04	- 0.75	-0.35
	Poa pratensis L.	Тонконіг лучний	Pr	MsTr	Ms	He	0.82±0.18	0.50	1.20	3.06	- 2.06	1.06	0.03
	Sonchus arvensis L.	Жовтий осот польовий	St	MgTr	KsMs	He	0.22±0.09	0.08	0.47	-6.24	0.09	- 0.88	0.51
Hel	Carex riparia Curt.	Осока побережна	Pal	MsTr	MsHg	ScHe	0.92±0.16	0.64	1.29	-2.93	- 0.92	- 1.58	-1.62
	Glyceria maxima (C. Hartm.) Holmb	Лепешняк великий	Pal	MsTr	Hg	He	0.10±0.10	0.00	0.29	-0.43	4.87	6.55	3.76
	Mentha aquatica L.	М'ята водяна	Pal	MsTr	Hg	ScHe	1.47±0.22	1.05	1.93	0.40	3.23	- 0.91	-0.02
	Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.	Очерет звичайний	Pal	MsTr	Hg	He	0.08±0.06	0.00	0.26	4.29	4.99	- 8.12	-1.74
	Rumex hydrolapathum Huds.	Щавель прибережний	Pal	MsTr	Hg	He	4.29±0.14	3.93	4.51	0.12	0.15	0.48	0.08

Умовні позначення: Дер. - Древа; Куш. - Чагарники, Мн. - Багаторічники; Дв. - Дворічники; Од. - Однорічники

Родина	Вид	Ценомор фа	Гігомор фа	Ценотрофом орфа	Аеромор фа	Карбонатомор фа	Топомо рфа	Трофічна група	Формор фа	Щільність, экз./м² ± ст. помилка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ряд Coleoptera										
Byrrhidae	Byrrhus (Byrrhus) pilula (Linnaeus 1758)	St	Ks	OlgTr	APhil	HiperCarPhil	End	FF	B7	0.46±0.26
Carabidae	Calathus (Calathus) fuscipes (Goeze, 1777)	St	Ms	UMgTr	APhil	HiperCarPhil	Ep	ZF	A1	5.79±1.21
	Calathusmelanocephalus (Linne 1758)	St	Ks	MgTr	APhil	HiperCarPhil	Ep	ZF	A1	0.46±0.26
	Carabidae (larv.)	St	Ks	OlgTr	APhil	HiperCarPhil	Ep	ZF	A3	2.59±0.68
	Harpalus (Pseudoophonus) griseusPanzer, 1796	St	Ms	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A1	0.46±0.25
	Harpalus (Pseudoophonus) rufipes (De Geer, 1774)	St	Ms	MsTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	ZF	A1	0.46±0.26
	Carabus (Cancellocarabus) cancellatusIlliger, 1798	Sil	Hg	UMgTr	SAPhil	CarPhil	Ep	ZF	A3	1.98±0.56
Cerambycidae	Pedestredorcacionholosericeum (Krynicky 1832)	St	Ks	MgTr	APhil	HiperCarPhil	End	FF	B4	2.13±0.79
Chrysomelidae	Galeruca (Galeruca) tanaceti (Linnaeus 1758)	St	Ks	MsTr	APhil	HiperCarPhil	End	ZF	B7	1.37±0.44
Curculionidae	LixussubtilisBoheman 1835	St	Ms	MsTr	SAPhil	HiperCarPhil	End	FF	B7	0.76±0.63
	Tanymecuspalliatius (Fabricius 1787)	St	Ks	MgTr	APhil	HiperCarPhil	End	FF	B7	7.47±1.95
Dermestidae	Dermestes (Dermestinus) lanariusIlliger 1801	St	Ks	MgTr	APhil	HiperCarPhil	Ep	SF	A1	1.07±0.66
Elateridae	Agrypnusmurinus (Linnaeus 1758)	Sil	Ms	UMgTr	SAPhil	CarPhil	End	ZF	B5	0.46±0.27
	Athous (Athous) haemorrhoidalis (Fabricius 1801)	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhob	End	ZF	B5	0.46±0.33
	Agriotes (Agriotes) lineatus (Linnaeus 1767)	Pr	Ms	MgTr	APhil	HiperCarPhil	End	FF	B5	22.10±2.07
	Dalopiusmarginatus (Linnaeus 1758)	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhil	Ep	FF	B5	0.61±0.29
Staphylinidae	Staphylininae	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	End	ZF	A1	2.59±0.59
Tenebrionidae	Opatrumsabulosum (Linnaeus 1761)	St	Ms	MgTr	SAPhil	HiperCarPhil	End	FF	B6	0.61±0.36
	Helopscoeruleus (Linnaeus 1758)	Sil	Ks	MgTr	APhil	CarPhil	End	FF	B6	0.30±0.22
	Crypticusquisquilius (Linnaeus 1761)	St	Ks	MsTr	SAPhil	CarPhil	End	FF	B6	0.61±0.30
	Gonocephalumpussillum. (Fabricius 1791)	St	Ms	MgTr	SAPhil	HiperCarPhil	End	FF	B6	0.61±0.37
Melolonthidae	Polyphylla (Polyphylla) fullo	Pr	Ms	UMgTr	APhil	HiperCarPhil	End	FF	B7	10.21±1.57

Родина	Вид	Ценомор фа	Гігромор фа	Ценотрофом орфа	Аеромор фа	Карбонатомор фа	Топомор фа	Трофічна група	Формор фа	Щільність, екз./м ² ± ст. помилка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	(Linnaeus 1758)									
	Sericabrunnea (Linnaeus 1758)	Sil	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhil	End	FF	B7	3.05±1.40
РядDiptera										
Asilidae	Cyrtopogonlateralis (Fallen 1814)	St	Ks	MsTr	APhil	HiperCarPhil	End	ZF	B5	1.37±0.49
Tipulidae	Tipula (Lunatipula) lunataLinnaeus 1758	Pal	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	SF	B4	0.15±0.15
РядLepidoptera										
Noctuidae	Agrotisclavis (Hufnagel 1766)	Sil	Ks	MsTr	SAPhil	ACarPhil	End	FF	B4	1.83±0.63
Клас Malacostraca										
Ряд Isopoda										
Trachelipodidae	ProtracheoniscustopcziewiBorutskii 1975	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhil	Ep	SF	A1	14.32±2.23
	Trachelipusrathkii (Brandt 1833)	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	SF	A3	10.97±2.17
Тип Mollusca										
КласGastropoda										
Ряд Pulmonata										
Cochlicopidae	Cochlicopalubrica (O.F. Muller 1774)	Sil	Hg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	FF	A1	2.74±0.75
Gastrodontidae	Zonitoides (Zonitoides) nitidus (O.F. Muller 1774)	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhil	Ep	FF	A3	2.44±0.71
Helicidae	Cepaea (Austrotachea) vindobonensis (C. Pfeiffer 1828)	Sil	UHg	UMgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A3	1.52±0.46
Limacidae	Limaxsp.	Sil	Ms	MgTr	SAPhil	CarPhil	Ep	FF	B4	0.91±0.36
Succineidae	Succinellaoblunga (Draparnaud 1801)	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A3	6.70±1.63
Valloniidae	Valloniapulchella (O.F. Muller 1774)	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A1	1.68±0.59
Planorbidae	Planorbis (Planorbis) planorbis (Linnaeus 1758)	Pal	UHg	MgTr	HAPhob	ACarPhil	Ep	FF	A3	3.96±1.20

Примітки: + - альтернативний спосіб лову; Cen – ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; Hg – гігроморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, UHg – ультрагігрофіли; TrCen – трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; Tr – топоморфи: End – ендегейні, Ep – епігейні, Anes – норники; Ph – форморфи: A – переміщення за допомогою існуючої поруваності ґрунту; B – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менше пор ґрунту; 2 – розміри тіла співмірні з порами; 3 – розміри тіла більше порожнин в підстилці або співмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщі тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; Tr – трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги.

1	2	3	4	5	6	77	8	9
Вологість ґрунту, % (Moisture)	26.47±0.79	30.74	-0.71	-0.07	-0.70	-0.02	0.54	0.00
Щільність ґрунту, г/см ³ (Density)	0.90±0.01	16.92	0.77	-0.24	0.44	0.40	0.45	0.00
Електропровідність	0.76±0.08	105.78	-0.90	0.39	0.17	-0.14	0.73	0.00
Температура шару ґрунту 5–7 см, °C, 13/05/14 в 10 год. 15 хвилин	17.10±0.15	9.11	0.77	0.52	-0.26	0.27	0.52	0.00
05/06/14 в 10 год. 45 хвилин	22.51±0.21	9.49	0.67	0.15	0.66	0.30	0.31	0.00
Висота травостою, см	59.16±1.76	30.41	-0.41	0.02	-0.65	-0.64	0.22	0.00
Агрегатна структура								
>10	36.20±1.43	40.59	-0.70	0.52	0.10	-0.47	0.32	0.00
7	8.61±0.27	31.86	-0.96	-0.27	-0.07	-0.05	0.23	0.00
5	7.97±0.18	22.66	-0.41	-0.34	0.08	-0.84	0.09	0.05
3.25	9.55±0.24	25.81	0.29	-0.72	-0.43	0.46	0.08	0.11
2	10.56±0.27	26.62	0.51	-0.38	-0.27	0.72	0.20	0.00
1	11.52±0.44	39.38	0.76	-0.43	0.04	0.48	0.44	0.00
0.5	1.94±0.09	48.32	0.63	-0.38	0.53	0.42	0.10	0.03
0.25	5.05±0.34	68.82	0.79	-0.39	-0.07	0.47	0.33	0.00
<0.25	7.11±0.48	69.66	0.91	-0.34	0.00	0.22	0.32	0.00
Roots	1.42±0.09	68.27	0.11	0.70	-0.63	0.33	0.09	0.04
Kst	1.44±0.06	46.20	0.67	-0.58	-0.14	0.44	0.27	0.00
Фітоіндикаційні шкали Я. П. Дідуха (Diduh, 2011)								
Hd	13.00±0.02	1.95	-0.79	0.42	-0.23	-0.38	0.26	0.00
Ffl	8.31±0.01	1.58	0.05	-0.69	0.33	0.64	0.28	0.00
Rc	8.20±0.01	1.56	0.45	-0.27	-0.01	-0.85	0.47	0.00
Sl	6.60±0.01	1.40	-0.92	-0.15	0.23	0.30	0.44	0.00
Ca	7.64±0.02	2.15	0.48	0.82	-0.12	-0.28	0.28	0.00
Nt	5.41±0.02	3.63	-0.93	0.32	-0.11	0.14	0.66	0.00
Ae	4.22±0.02	5.15	0.67	0.10	0.43	-0.60	0.22	0.00
Tm	9.43±0.01	0.70	0.06	-0.50	-0.06	-0.86	0.10	0.04

1	2	3	4	5	6	77	8	9
Om	12.19±0.01	0.91	-0.91	0.27	-0.09	-0.31	0.59	0.00
Kп	9.52±0.01	1.39	0.17	-0.65	-0.60	0.43	0.21	0.00
Cr	9.08±0.01	0.70	0.41	-0.50	0.75	-0.15	0.14	0.01
Lc	8.56±0.00	0.47	0.62	-0.34	-0.51	0.50	0.26	0.00
Індекси, що засновані на екоморфах А. Л. Бельгарда								
Трофоморфи (Troph_B)	2.26±0.01	6.46	0.77	-0.42	-0.39	0.27	0.42	0.00
Гігроморфи (Hygr_B)	3.12±0.05	18.06	-0.84	-0.49	-0.22	-0.11	0.82	0.00
Геліоморфи (Hel_B)	3.52±0.01	4.10	0.59	-0.34	0.73	0.10	0.58	0.00
Пратанти (Pr)	0.66±0.01	18.74	0.06	0.77	0.46	-0.43	0.28	0.00
Палюданти (Pal)	0.07±0.01	171.36	-0.66	-0.56	-0.46	-0.21	0.74	0.00
Степанти (St)	0.21±0.01	55.62	0.78	-0.11	0.03	0.62	0.46	0.00

Примітка: р-рівень заснований на 999 пермутації.

Таблиця 3.5

Кореляція едафічних характеристик та фітоіндикаційних шкал з RLQ-вісями лугового угруповання

Глибина, см	Середнє $\pm$ ст. помилка	CV, %	Кореляція з RLQ-вісями (тільки достовірні r на рівні $p < 0,05$)			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
<i>Твердість ґрунту, МПа</i>						
0–5	0.98 $\pm$ 0.03	32.88	0.64	-0.34	0.21	-0.29
5–10	1.14 $\pm$ 0.04	33.77	0.71	-0.21	0.13	-0.28
10–15	1.15 $\pm$ 0.04	33.47	0.49	-0.22	0.24	0.01
15–20	1.05 $\pm$ 0.04	36.58	0.08	-0.63	0.28	0.13
20–25 см	1.00 $\pm$ 0.04	37.20	-0.13	-0.79	0.26	0.02
25–30 см	1.07 $\pm$ 0.04	39.74	-0.17	-0.87	0.34	-0.12
30–35 см	1.28 $\pm$ 0.05	37.28	-0.18	-0.85	0.39	-0.10
35–40 см	1.60 $\pm$ 0.05	28.88	-0.26	-0.81	0.54	-0.19
40–45 см	1.98 $\pm$ 0.05	24.60	-0.24	-0.78	0.64	-0.21
45–50 см	2.30 $\pm$ 0.05	22.34	-0.24	-0.64	0.74	-0.13
50–55 см	2.59 $\pm$ 0.06	22.99	-0.24	-0.56	0.80	-0.08
55–60 см	2.84 $\pm$ 0.06	22.98	-0.36	-0.40	0.65	-0.05
60–65 см	3.17 $\pm$ 0.08	25.32	-0.47	-0.27	0.57	-0.01
65–70 см	3.48 $\pm$ 0.09	25.91	-0.56	-0.39	0.48	0.00
70–75 см	3.82 $\pm$ 0.09	24.41	-0.53	-0.43	0.35	-0.16
75–80 см	4.10 $\pm$ 0.08	20.99	-0.53	-0.43	0.35	-0.16
80–85 см	4.30 $\pm$ 0.08	18.01	-0.53	-0.31	0.31	-0.29
85–90 см	4.42 $\pm$ 0.07	16.35	-0.52	-0.21	0.15	-0.30
90–95 см	4.52 $\pm$ 0.07	15.02	-0.55	-0.26	0.24	-0.39
95–100 см	4.64 $\pm$ 0.06	12.77	-0.51	-0.32	0.24	-0.55

1	2	3	4	5	6	7
<i>Едафічні характеристики, щільність травостою</i>						
Вологість, %	26.47±0.79	30.74	-0.54	0.17	-0.11	-0.27
Щільність, г/см ³	0.90±0.01	16.92	0.70	-0.04	0.04	0.27
Електропровідність, дСм/м	0.76±0.08	105.78	-0.85	0.11	0.05	0.18
Температура 13.05.14, °C	17.10±0.15	9.11	0.62	0.13	0.27	-0.05
Температура 05.06.14, °C	22.51±0.21	9.49	0.33	0.20	0.01	0.52
Висота травостою, см	59.16±1.76	30.41	-0.38	-0.05	0.13	-0.18
<i>Агрегатний склад, у %, розмір фракцій у мм</i>						
> 10	36.20±1.43	40.59	-0.48	-0.08	-0.20	0.56
7–10	8.61±0.27	31.86	-0.17	0.13	-0.02	-0.33
5–7	7.97±0.18	22.66	-0.01	0.00	-0.05	-0.35
3–5	9.55±0.24	25.81	0.23	0.02	0.15	-0.56
2–3	10.56±0.27	26.62	0.32	-0.06	0.10	-0.40
1–2	11.52±0.44	39.38	0.49	-0.13	0.27	-0.23
0,5–1	1.94±0.09	48.32	0.14	-0.11	0.14	-0.26
0,25–0,5	5.05±0.34	68.82	0.40	0.09	0.14	-0.39
< 0,25	7.11±0.48	69.66	0.48	0.25	0.18	-0.20
Корні	1.42±0.09	68.27	0.05	0.21	-0.28	-0.20
<i>Фітоіндикаційні шкали за Я. П. Дідухом (2011)</i>						
Hd	13.00±0.02	1.95	-0.47	0.13	0.03	0.20
Ffl	8.31±0.01	1.58	0.10	0.04	-0.28	-0.02
Rc	8.20±0.01	1.56	0.39	-0.54	0.10	-0.10
Sl	6.60±0.01	1.40	-0.63	0.05	-0.04	0.12
Ca	7.64±0.02	2.15	0.29	0.22	0.14	-0.02
Nt	5.41±0.02	3.63	-0.74	0.29	-0.04	0.14
Ae	4.22±0.02	5.15	0.43	-0.12	0.42	0.05
Tm	9.43±0.01	0.70	0.11	-0.01	0.00	0.32
Om	12.19±0.01	0.91	-0.71	0.04	0.01	0.00

1	2	3	4	5	6	7
Kn	9.52±0.01	1.39	0.02	-0.24	-0.22	-0.03
Cr	9.08±0.01	0.70	0.35	0.01	0.23	0.19
Lc	8.56±0.00	0.47	0.32	0.04	-0.35	-0.21
<i>Індекси, що засновані на екоморфах за О. Л. Бельгардом (1950)</i>						
Troph_B	2.26±0.01	0.57	-0.10	-0.26	-0.15	0.57
Hygr_B	3.12±0.05	-0.74	0.00	-0.39	-0.02	-0.74
Hel_B	3.52±0.01	0.67	-0.08	0.03	0.15	0.67

Таблиця 3.6

Кореляція екоморф ґрунтових тварин з RLQ-вісями

Екоморфи	RLQ 1	RLQ 2	RLQ 3	RLQ 4
1	2	3	4	5
Ценоморфи				
St	0,17	-0,16	-0,27	0,51
Sil	-0,12	-0,03	0,04	0,35
Pr	0,26	0,23	0,26	-0,73
Pal	-0,56	-0,13	-0,07	0,22
Гігоморфи				
Ks	0,30	-0,42	-0,30	0,42
Ms	0,54	0,44	-0,04	-0,33
Hg	-0,70	-0,16	0,27	-0,13
UHg	-0,35	0,00	0,03	0,45
Трофоценоморфи				
OlgTr	0,07	-0,58	-0,06	0,22
MsTr	0,10	-0,30	-0,03	0,25
MgTr	-0,08	0,36	-0,45	-0,16
UMgTr	0,00	0,04	0,57	-0,06
Аероморфи				
APhil	0,64	-0,32	-0,47	0,20
HAPhob	-0,24	-0,07	0,01	0,42
SAPhil	-0,57	0,33	0,45	-0,31
Топоморфи				
Ep	-0,66	-0,55	-0,10	0,22
End	0,65	0,59	-0,48	-0,09
Anec	-0,06	-0,11	0,81	-0,17
Фороморфи				

1	2	3	4	5
A1	0,04	0,28	0,00	−0,48
A2	0,01	−0,40	0,42	−0,04
A3	−0,44	−0,48	−0,08	0,35
B4	−0,24	0,42	0,14	0,10
B5	0,40	−0,02	−0,44	−0,20
B6	0,07	−0,18	−0,14	0,13
B7	0,42	−0,01	−0,14	0,44
Трофоморфи				
ZF	0,10	−0,71	0,34	0,09
FF	0,27	−0,10	−0,45	0,44
SF	−0,31	0,66	0,10	−0,45
Карбонатоморфи				
ACarPhil	−0,45	−0,12	−0,12	0,25
CarPhil	0,17	−0,02	0,21	−0,30
CarPhob	0,02	0,04	−0,03	0,01
HemiCarPhil	−0,48	0,26	0,26	0,08
HiperCarPhil	0,60	−0,20	−0,47	0,13

Додаток 4

Таблиця 4.1

Едафічні характеристики ділянки дубняку на території балки Орлової

Показник	Середнє $\pm$ ст. помилка	Мінімум	Максимум	Персентиль	
				2,50 %	97,50 %
1	2	3	4	5	6
<i>Твердість ґрунту, МПа</i>					
0–5 см	2,09 $\pm$ 0,07	2,10	0,80	3,60	0,90
5–10 см	2,74 $\pm$ 0,08	2,80	1,00	4,35	1,10
10–15 см	3,01 $\pm$ 0,08	3,00	0,95	4,80	1,25
15–20 см	3,07 $\pm$ 0,09	3,05	1,15	4,75	1,40
20–25 см	3,12 $\pm$ 0,09	3,25	1,25	4,80	1,50
25–30 см	3,21 $\pm$ 0,09	3,20	1,40	4,95	1,50
30–35 см	3,28 $\pm$ 0,09	3,30	1,00	4,95	1,45
35–40 см	3,48 $\pm$ 0,09	3,60	1,50	4,95	1,60
40–45 см	3,76 $\pm$ 0,08	3,85	1,55	4,95	1,90
45–50 см	3,95 $\pm$ 0,06	4,00	1,80	5,00	2,25
50–55 см	4,16 $\pm$ 0,06	4,35	1,80	5,04	2,65
55–60 см	4,20 $\pm$ 0,05	4,25	1,80	5,08	2,80
60–65 см	4,35 $\pm$ 0,05	4,45	2,35	5,15	3,40
65–70 см	4,31 $\pm$ 0,05	4,43	2,78	5,20	3,30
70–75 см	4,33 $\pm$ 0,05	4,46	2,92	5,27	3,33
75–80 см	4,37 $\pm$ 0,05	4,50	2,95	5,33	3,35
80–85 см	4,41 $\pm$ 0,04	4,40	3,49	5,38	3,63
85–90 см	4,39 $\pm$ 0,05	4,52	2,38	5,43	3,00
90–95 см	4,31 $\pm$ 0,06	4,37	2,40	5,48	3,03
95–100 см	4,33 $\pm$ 0,06	4,45	2,41	5,52	3,05
<i>Едафічні характеристики</i>					

1	2	3	4	5	6
Температура шару ґрунту 5–7 см, °C	14,82±0,84	13,50	17,80	16,50	13,80
Вологість ґрунту, %	30,87±0,7	14,51	49,39	42,00	17,83
Щільність ґрунту, г/см ³	0,98±0,01	0,71	1,31	1,19	0,80
Електропровідність	0,21±0,1	0,00	0,47	0,37	0,02
Agr>10	22,19±9,48	4,61	43,82	39,40	10,59
Agr_7_10	12,08±2,41	7,22	18,63	16,76	8,35
Agr_5_7	12,09±2,23	6,95	18,13	15,56	8,76
Agr_3_5	18,01±3,90	10,35	27,68	24,13	12,52
Agr_2_3	17,63±4,50	7,38	29,06	25,75	9,18
Agr_1_2	11,87±5,35	2,19	26,62	23,92	4,98
Agr_0.5_1	2,64±1,74	0,01	8,64	6,80	0,61
Agr_0.25_0.5	2,71±1,96	0,01	10,31	6,16	0,35
Agr<0.25	0,74±0,82	0,00	3,26	2,62	0,01
Корені, %	0,05±0,001	0,01	0,20	0,15	0,00

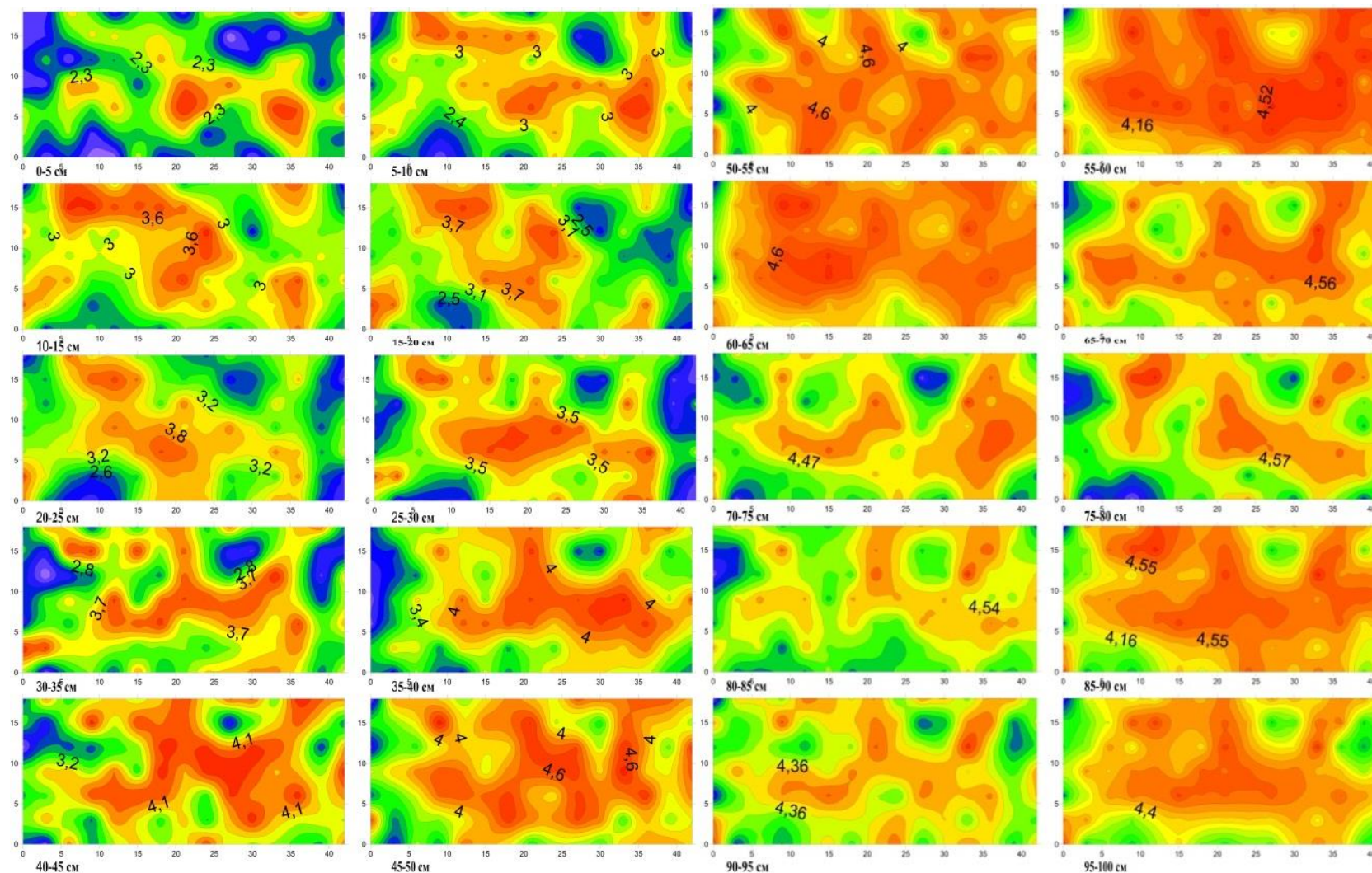


Рис. Д.4.1. Карты просторового розподілу твердості ґрунту (в МПа) по шарах
 Умовні позначення: осі абсцис і ординат – локальні координати, м

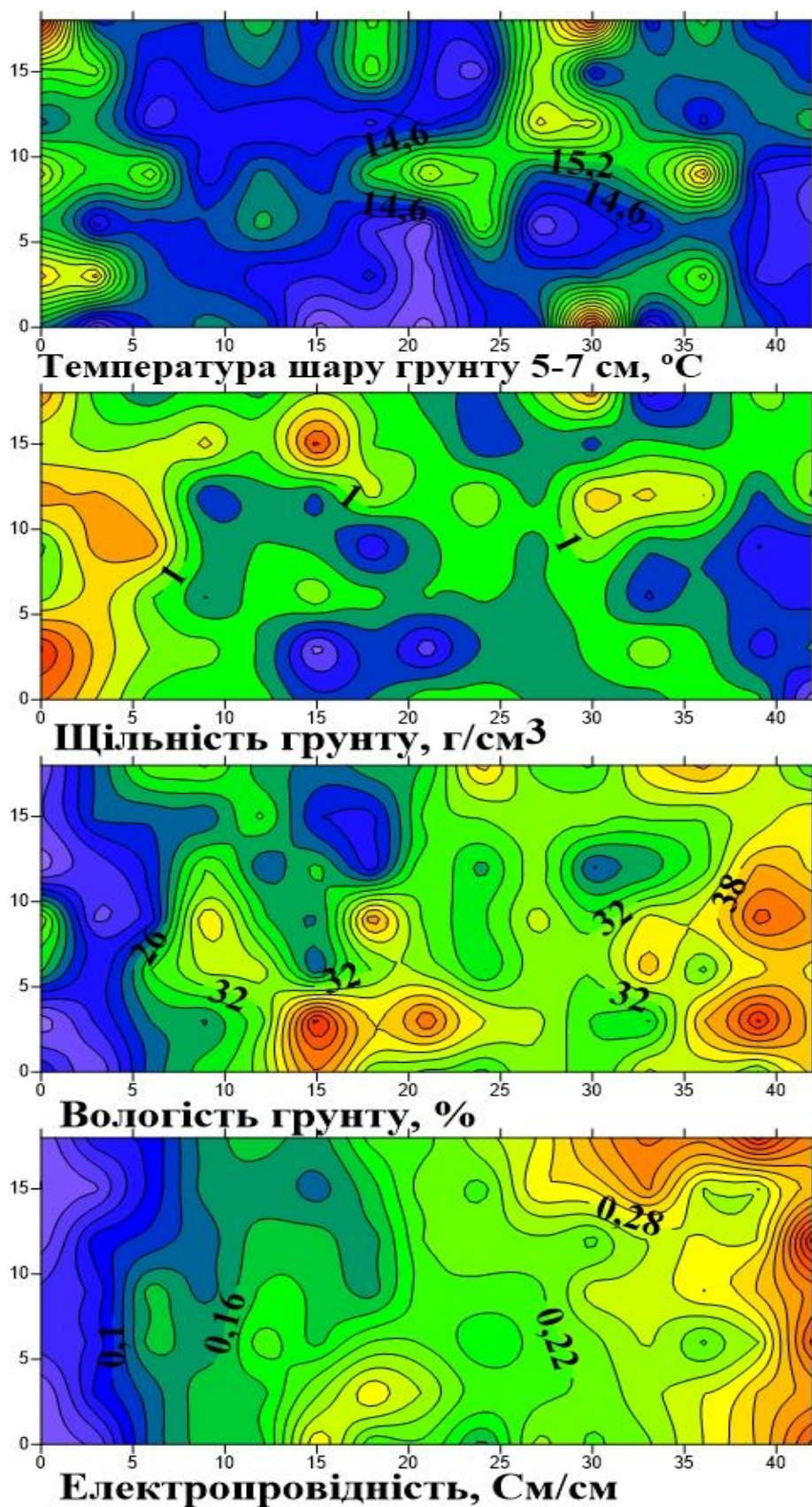


Рис. Д.4.2. Карти просторового розподілу ґедафічних характеристик ґрунту у шарі 0-5 см дубняку в урочищі Орлової балки на території заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Умовні позначення: осі абсцис і ординат – локальні координати, м

Таблиця 4.2

Кореляція вимірювань, отриманих у результаті багатовимірного шкалювання і показників факторів середовища і фітоіндикаційних шкал

Показники	Середнє± ст. помилка	CV, %	NMDS1	NMDS2	NMDS3	NMDS4	r ²	Pr(>r)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–5 см	0,65±0,01	29,70	-0.36	0.18	0.89	0.24	0.16	0.02
5–10 см	0,76±0,02	18,98	-0.69	0.35	0.52	0.37	0.27	0.00
10–15 см	0,89±0,04	29,01	-0.71	0.21	0.52	0.42	0.37	0.00
15–20 см	0,96±0,04	42,01	-0.73	0.08	0.67	-0.02	0.39	0.00
20–25 см	0,98±0,04	45,74	-0.77	0.04	0.63	-0.08	0.48	0.00
25–30 см	0,95±0,04	45,21	-0.75	-0.03	0.66	0.05	0.52	0.00
30–35 см	0,94±0,03	42,84	-0.80	-0.24	0.55	-0.07	0.39	0.00
35–40 см	1,04±0,03	32,23	-0.44	-0.29	0.43	-0.74	0.24	0.00
40–45 см	1,31±0,03	28,71	-0.35	-0.27	0.35	-0.83	0.17	0.00
45–50 см	1,56±0,03	23,45	-0.06	0.00	0.10	-0.99	0.09	0.05
50–55 см	1,81±0,04	21,90	-0.03	0.02	0.04	-1.00	0.07	0.09
55–60 см	2,02±0,04	22,54	0.02	0.00	-0.12	-0.99	0.10	0.03
60–65 см	2,28±0,05	21,53	0.30	-0.04	-0.11	-0.95	0.11	0.01
65–70 см	2,41±0,05	21,73	0.19	0.00	-0.11	-0.97	0.13	0.00
70–75 см	2,53±0,05	22,25	0.24	-0.07	-0.11	-0.96	0.16	0.00
75–80 см	2,59±0,05	20,28	0.36	0.00	-0.15	-0.92	0.15	0.00
80–85 см	2,69±0,06	20,49	0.40	-0.15	-0.09	-0.90	0.17	0.00
85–90 см	2,72±0,06	22,24	0.43	-0.18	0.10	-0.88	0.27	0.00
90–95 см	2,74±0,07	23,15	0.37	-0.22	0.00	-0.90	0.25	0.00
95–100 см	2,84±0,08	26,35	0.29	-0.23	0.02	-0.93	0.20	0.00
Вологість ґрунту, %	30,96±0,69	27,95	0.52	0.07	-0.36	-0.77	0.22	0.00
Щільність ґрунту, г/см ³	30,96±0,69	22,76	-0.78	-0.04	0.35	0.52	0.19	0.00
ЕС	0,21±0,10	11,44	0.56	-0.07	-0.23	-0.80	0.41	0.00

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ilr_1	0,28±0,17	-	-0.34	-0.76	-0.54	0.06	0.09	0.05
ilr_2	0,16±0,22	-	-0.12	-0.23	-0.25	-0.93	0.10	0.03
ilr_3	-0,20±0,27	-	0.39	0.86	0.10	-0.32	0.04	0.39
ilr_4	0,26±0,44	-	0.75	-0.13	0.52	-0.39	0.06	0.21
ilr_5	-0,37±0,51	-	-0.47	-0.52	0.46	-0.55	0.02	0.70
ilr_6	-0,05±0,60	-	0.17	-0.21	-0.35	-0.89	0.05	0.22
ilr_7	2,61±0,89	-	0.32	-0.32	-0.46	-0.77	0.03	0.63
ilr_8	1,98±1,14	-	-0.49	-0.27	-0.11	-0.82	0.06	0.15
ilr_9	2,95±1,52	-	0.03	0.04	-0.19	-0.98	0.02	0.78
Tree	0,14±0,017	12,32	0.40	0.50	-0.51	0.58	0.03	0.50
Dist	1,67±0,092	5,55	-0.19	-0.81	0.53	-0.16	0.11	0.02
Dist ²	3,70±0,36	9,85	-0.24	-0.93	0.29	-0.07	0.16	0.01
Hd	10,57±0,02	1,82	-0.62	0.62	0.29	-0.39	0.21	0.00
Ffl	6,42±0,01	1,99	-0.94	-0.31	0.12	-0.05	0.27	0.00
Rc	8,41±0,01	1,07	-0.35	0.31	0.53	-0.71	0.31	0.00
Sl	6,08±0,01	1,14	0.21	0.10	-0.91	-0.34	0.29	0.00
Ca	8,28±0,01	1,66	-0.66	-0.14	-0.60	0.43	0.15	0.00
Nt	9,82±0,03	2,72	0.81	0.41	-0.38	0.17	0.59	0.00
Ae	6,11±0,01	1,46	-0.56	0.02	0.82	0.06	0.18	0.00
Tm	10,79±0,01	0,88	0.16	-0.67	-0.47	-0.56	0.20	0.00
Om	12,26±0,01	1,17	-0.24	0.12	0.79	-0.55	0.12	0.02
Kn	8,51±0,01	1,58	-0.59	0.38	-0.40	0.59	0.11	0.02
Cr	9,37±0,01	0,69	-0.36	-0.11	0.32	-0.87	0.24	0.00
Lc	9,13±0,01	1,07	-0.36	-0.06	-0.70	0.61	0.37	0.00
Трофоморфи (Troph_B)	2,28±0,02	7,16	0.25	-0.54	0.60	-0.54	0.30	0.00
Гігроморфи (Hygr_B)	3,23±0,03	8,50	0.78	-0.44	0.42	0.11	0.34	0.00
Геліоморфи(Hel_B)	3,00±0,01	3,97	-0.89	-0.41	-0.02	-0.19	0.21	0.00

Таблиця 4.3

Видове різноманіття та екоморфічна структура рослинності дубняку з грястицею

Клі ма мо р фа	Ж ит тєв а фо р ма	Українська назва	Латинь	Цено мор фи	Тро фо мор фи	Гігр о мо рфи	Геліо мор фи	Проектив не покриття, %	Довірчий інтервал		NMDS			
									-95 %	+ 95 %	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ph	Дер	Гледичія колюча	Gleditsia triacanthos L.	Sil	MsT _r	MsK _s	He	0,05±0,02	0,01	0,10	0,02	-0,01	0,00	-0,01
		Груша звичайна	Pyrus communis L.	Sil	MgT _r	MsK _s	ScHe	5,23±0,93	3,58	7,34	0,02	-0,01	0,00	-0,04
		Дуб звичайний	Quercus robur.	Sil	MgT _r	MsK _s	ScHe	19,30±0,95	17,43	21,19	0,00	0,01	-0,01	0,01
		Клен ясенелистий	Acer negundo L.	Sil	MsT _r	KsM _s	He	0,05±0,05	0,00	0,14	0,07	-0,05	-0,04	0,02
		Сосна звичайна	Pinus sylvestris L.	Sil	OgT _r	Ks	He	0,63±0,31	0,16	1,62	-0,19	0,03	-0,04	-0,04
		Шовковиця чорна	Morus nigra L.	Sil	MsT _r	MsK _s	ScHe	0,05±0,05	0,00	0,14	-0,10	-0,54	-0,03	0,04
nPh	Куш	Барбарис звичайний	Berberis vulgaris L.	Sil	MsT _r	KsM _s	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	0,02	0,08	0,06	-0,02
		Бруслина бородавчаста	Euonymus verrucosa Scop.	Sil	MsT _r	Ms	HeSc	0,03±0,03	0,00	0,09	-0,01	0,04	0,00	0,08
		Бруслина європейська	Euonymus europaeus L.	Sil	MsT _r	KsM _s	ScHe	0,88±0,18	0,55	1,25	-0,02	0,03	-0,02	-0,01
		Бузина чорна	Sambucus nigra.	Sil	OgT _r	Ms	ScHe	11,52±0,83	9,82	13,16	0,01	0,02	-0,01	0,01
		Глід обманливий	Crataegus fallacina	St	MsT _r	Ms	ScHe	2,88±0,50	2,03	4,02	0,01	0,00	-0,03	0,01

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Жостер проносний	Rhamnus cathartica L.	Sil	OgT _r	Ms	ScHe	0,25±0,12	0,08	0,61	-0,14	0,06	0,01	0,02
		Клен татарський	Acer tataricum L.	Sil	MsT _r	KsM _s	He	3,84±0,65	2,78	5,33	0,07	-0,05	-0,04	0,02
	Ку щ.	Терен	Prunus stepposa Kotov	St	MgT _r	MsK _s	ScHe	0,45±0,11	0,27	0,72	-0,03	0,00	-0,03	0,00
НК r	Бр.	Буги́ла лісова	Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm.	Sil	MsT _r	Ms	ScHe	1,36±0,23	0,97	1,89	0,03	0,02	-0,01	-0,04
		Вероні́ка дібровна	Veronica chamaedrys L.	St	MgT _r	Ms	ScHe	0,03±0,02	0,00	0,06	-0,10	-0,54	-0,03	0,04
		Герань лісова	Geranium sylvaticum L.	Sil	MsT _r	Hg Ms	ScHe	0,03±0,03	0,00	0,09	0,05	0,02	0,03	-0,04
		Горошок мишачий	Vicia cracca L.	Pr	MsT _r	Hg Ms	He	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,51	0,06	-0,07	-0,03
		Граві́лат міський	Geum urbanum L.	Sil	MgT _r	Ms	ScHe	0,52±0,11	0,33	0,76	0,01	0,01	0,06	-0,03
		Грясти́ця збірна	Dactylis glomerata L.	Pr	MsT _r	Ms	ScHe	0,42±0,11	0,22	0,68	-0,03	-0,03	0,06	-0,02
		Дереві́й майже звичайний	Achillea millefolium L.	Pr	MgT _r	KsM _s	He	0,05±0,03	0,01	0,16	-0,18	-0,20	0,06	0,02
		Зі́рочник злаковидний	Stellaria graminea L.	Pr	MsT _r	KsM _s	ScHe	0,23±0,09	0,08	0,46	-0,04	0,00	0,00	0,03
		Кропи́ва дводомна	Urtica dioica L.	Ru	MsT _r	Hg Ms	ScHe	8,55±0,74	7,09	9,94	0,02	-0,01	0,00	0,00
		Ластовень російський	Vincetoxicum rossicum (Kleop.)Barbar.	Sil	MsT _r	Ms	ScHe	0,41±0,09	0,26	0,63	0,03	0,01	0,03	0,02
		М'я́точник бур'яновий	Ballota nigra L.	St	MsT _r	MsK _s	ScHe	0,25±0,09	0,10	0,48	-0,09	0,05	0,05	0,02
		Молоча́й Сегіє́рів	Euphorbia seguieriana Neck.	Ps	OgT _r	MsK _s	He	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,51	0,06	-0,07	-0,03

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Пижмо звичайне	Tanacetum vulgare L.	Pr	MsT _r	KsM _s	He	0,11±0,05	0,03	0,23	-0,24	0,02	0,02	-0,05
		Плетуха звичайна	Calystegia sepium (L.) R.Br.	Pal	MsT _r	MsH _g	ScHe	0,16±0,06	0,07	0,30	-0,05	0,07	0,00	0,04
		Розхідник звичайний	Glechoma hederacea L.	Sil	MgT _r	Ms	ScHe	1,93±0,30	1,40	2,57	0,00	-0,03	0,00	-0,03
		Собача кропива п'ятилопастна	Leonurus quinquelobatus Gilib.	Sil	MsT _r	MsK _s	ScHe	0,10±0,07	0,01	0,31	0,10	0,03	0,03	-0,08
		Тонконіг дібровний	Poa nemoralis L.	Sil	MsT _r	KsM _s	ScHe	0,06±0,04	0,00	0,14	-0,37	0,05	-0,04	0,00
		Фіалка запашна	Viola odorata L.	Sil	MsT _r	Ms	HeSc	4,55±0,31	3,97	5,17	0,01	0,00	0,00	0,00
		Холодок лікарський	Asparagus officinalis L.	St	MgT _r	MsK _s	ScHe	0,05±0,03	0,01	0,14	0,09	0,03	0,02	-0,01
		Чистотіл великий	Chelidonium majus L.	Sil	MsT _r	Ms	ScHe	2,10±0,27	1,62	2,69	0,01	0,00	0,02	0,02
	Дв	Воловик Попова	Anchusa popovii (Gusul.) Dobroc.	Ps	OgT _r	MsK _s	He	0,01±0,01	0,00	0,03	0,06	-0,03	-0,09	-0,11
		Волошка розлога	Centaurea diffusa Lam.	St	MsT _r	Ks	He	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,51	0,06	-0,07	-0,03
		Кінський часник	Alliaria petiolata (M.Bieb.) Cavara et Grande	Sil	MsT _r	KsM _s	HeSc	0,28±0,07	0,16	0,45	0,01	0,02	-0,01	0,00
		Лопух справжній	Arctium lappa L.	Ru	MgT _r	MsK _s	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,11	0,01	0,26	0,05
Т	Од	Буги́ла кервель	Anthriscus cerefolium (L.) Hoffm.	Sil	MsT _r	KsM _s	ScHe	0,89±0,19	0,57	1,29	0,03	-0,04	0,01	0,00
		Злинка канадська	Conyza canadensis (L.) Cronq.	St	MgT _r	MsK _s	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,10	-0,54	-0,03	0,04

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Латук коМПасний	Lactuca serriola L.	St	MsT _r	KsM _s	He	0,04±0,02	0,01	0,08	-0,05	0,04	0,02	0,00
		Мокриця середня	Stellaria media (L.) Vill	St	MgT _r	Ms	ScHe	0,30±0,14	0,10	0,68	-0,01	-0,03	0,08	0,02
		Підмаренник чіпкий	Galium aparine L.	Ru	MgT _r	KsM _s	ScHe	6,67±0,49	5,76	7,67	0,02	-0,01	-0,01	0,00
		Фіалка кітайбелева	Viola arvensis Murr.	Ru	MsT _r	KsM _s	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	-0,10	-0,54	-0,03	0,04
G	Бр.	Ваточник сірійський	Asclepias syriaca L.	Ru	MsT _r	Ms	ScHe	0,37±0,13	0,17	0,73	-0,14	-0,03	0,04	0,00
		Купена багатоквіткава	Polygonatum multiflorum (L.) All.	Sil	MgT _r	Ms	Sc	0,02±0,01	0,00	0,05	0,00	0,04	-0,05	-0,04
		Тонконіг лучний	Poa pratensis L.	Pr	MsT _r	Ms	He	0,05±0,05	0,00	0,14	-0,10	-0,54	-0,03	0,04
		Хміль звичайний	Humulus lupulus L.	Sil	MsT _r	Hg Ms	ScHe	0,01±0,01	0,00	0,03	0,06	0,03	0,05	0,08

Умовні позначення: Дер. - Дерева; Куц. - Чагарники, Мн. - Багаторічники; Дв. - Дворічники; Од. – Однорічні

Таблиця 4.4

Видовий склад, кількість (L-таблиця) та екоморфи (Q-таблиця) ґрунтової мезофауни

Родина	Вид	Ценом орфа	Гігром орфа	Центроф оморфа	Аером орфа	Карбонато морфа	Топом орфа	Трофічн агрупа	Форм орфа	Щільність, екз./м ² ± ст. помилка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тип Annelidae Клас Oligochaeta Ряд Haplotaxida										
Lumbricidae	Aporrectodea caliginosa trapezoides (Duges, 1828)	Pr	Ks	MgTr	APhil	CarPhil	End	SF	B4	9.90±1.39
	Aporrectodea rosea rosea (Savigny, 1826)	St	Ms	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	End	SF	B4	117.49±8.15
	Dendrobaena octaedra (Savigny, 1826)	Pr	Ms	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	SF	B4	15.54±2.27
	Octodrilus transpadanus (Rosa, 1884)	Pr	Hg	UMgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Anec	SF	B4	5.64±1.17
Ряд Tubificida										
Enchytraeidae	Enchytraeus albidus Henle 1837	Pr	Ms	MgTr	SAPhil	CarPhil	End	SF	A1	7.92±1.56
Тип Arthropoda Клас Arachnida Ряд Araneae										
Lycosidae	Pardosa lugubris (Walckenaer 1802)	St	Ks	OlgTr	APhil	CarPhil	Ep	ZF	A3	0.91±0.42
Клас Chilopoda Ряд Geophilomorpha										
Geophilidae	Geophilus proximus C.L.Koch 1847	Pr	Ms	MgTr	SAPhil	CarPhil	Anec	ZF	A2	3.96±1.00
	Pachymerium ferrugineum (C.L.Koch 1835)	St	Ms	MsTr	SAPhil	CarPhil	Ep	ZF	A2	1.83±0.56

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ряд Lithobiomorpha										
Lithobiidae	Lithobius (Monotarsobius) aeruginosus L. Koch 1862	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	ZF	A1	0.91±0.42
	Lithobius (Monotarsobius) curtipes C.L. Koch 1847	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	ZF	A2	1.83±0.59
Клас Insecta										
Ряд Coleoptera										
Carabidae	Amara (Amara) aenea (DeGeer 1774)	St	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	FF	A3	0.15±0.15
	Amarasimilata (Gyllenhal, 1810)	Pr	Ks	MgTr	APhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A1	2.29±0.85
	Calathus (Calathus) fuscipes (Goeze, 1777)	St	Ms	UMgTr	APhil	HiperCarPhil	Ep	ZF	A1	0.15±0.15
	Carabus (Cannellocarabus) cancellatus Illiger, 1798	Sil	Hg	UMgTr	SAPhil	CarPhil	End	ZF	A3	0.30±0.30
Cetoniidae	Cetonia aurata (Linnaeus 1761)	Sil	Ms	UMgTr	SAPhil	HemiCarPhil	End	SF	B7	0.46±0.33
Chrysomelidae	Chrysolina (Fastuolina) fastuosa (Scopoli 1763)	Sil	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	End	FF	B7	0.76±0.32
Curculionidae	Otiorhynchus (Cryphiphorus) ligustici (Linnaeus 1758)	St	Ks	MsTr	APhil	CarPhil	End	FF	B7	0.30±0.21
Elateridae	Athous (Athous) haemorrhoidalis (Fabricius 1801)	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhob	End	ZF	B5	6.70±1.18
	Agriotes (Agriotes) lineatus (Linnaeus 1767)	Pr	Ms	MgTr	APhil	HiperCarPhil	End	FF	B5	0.15±0.15
	Cardiophorus rufipes (Goeze, 1777)	Sil	UHg	MgTr	HAPhob	CarPhob	End	ZF	A2	0.46±0.26
Staphylinidae	Othius angustus angustus Stephens 1833	Sil	Ks	MsTr	SAPhil	ACarPhil	End	ZF	A1	0.15±0.15
	Othius punctulatus (Goeze 1777)	Sil	Ks	UMgTr	APhil	CarPhil	End	ZF	A2	0.15±0.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tenebrionidae	Helopscoeruleus (Linnaeus 1758)	Sil	Ks	MgTr	APhil	CarPhil	End	FF	B6	0.30±0.22
Melolonthidae	Anoxiapilosa (Fabricius 1792)	St	Ks	OlgTr	SAPhil	HemiCarPhil	End	FF	B7	0.30±0.21
	Melolonthamelolontha (Linnaeus 1758)	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhob	End	FF	B7	2.29±0.58
	Sericabrunnea (Linnaeus 1758)	Sil	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhil	End	FF	B7	0.46±0.26
Ряд Dermaptera										
Forficulidae	ForficulaauriculariaLinnaeus 1758	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	CarPhob	Ep	SF	A3	0.61±0.31
Ряд Diptera										
Rhagionidae	Rhagioscolopaceus (Linnaeus 1758)	Sil	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	End	ZF	A1	4.88±1.21
Stratiomyidae	Stratiomyslongicornis (Scopoli 1763)	Sil	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	ZF	A2	0.15±0.15
Tabanidae	TabanusbromiusLinnaeus 1758	Pr	Ks	MsTr	SAPhil	CarPhil	End	ZF	B4	0.30±0.21
Tipulidae	Tipula (Lunatipula) lunataLinnaeus 1758	Pal	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	SF	B4	3.66±0.73
Ряд Lepidoptera										
Noctuidae	Agrotisclavis (Hufnagel 1766)	Sil	Ks	MsTr	SAPhil	ACarPhil	End	FF	B4	5.03±1.07
Клас Malacostraca										
Ряд Isopoda										
Trachelipodidae	Trachelipusrathkii (Brandt 1833)	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	SF	A3	0.15±0.15
Тип Mollusca										
Клас Gastropoda										
Ряд Pulmonata										
Cochlicopidae	Cochlicopalubrica (O.F. Muller 1774)	Sil	Hg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	FF	A1	0.15±0.15
Helicidae	Cepaea (Austrotachea) vindobonensis (C. Pfeiffer 1828)	Sil	UHg	UMgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A3	0.15±0.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Succineidae	Succinella oblonga (Draparnaud 1801)	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A3	0.61±0.30
Valloniidae	Valloniapulchella (O.F. Muller 1774)	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A1	0.15±0.15
Vitrinidae	Vitrinapellucida (O.F. Muller 1774)	Pal	UHg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	FF	A3	0.61±0.30

Примітки: + - альтернативний спосіб лову; Cen – ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; Нуг – гігроморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, Uhg – ультрагігрофіли; TrCen – трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; Tr – топоморфи: End – ендегейні, Ep – епігейні, Anec – норники; аероморфи: APhil – аерофіли; SAPhil – субаерофіли; HAPhob – геміаерофоби; карбонатоморфи: CarPhob – карбонатофоби; ACarPhil – акарбонатофіли; HemiCarPhil – гемікарбонатофіли; CarPhil – карбонатофіли, HiperCarPhil – гіперкарбонатофіли Ph – фоморфи: A – переміщення за допомогою існуючої поруватості ґрунту; B – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менше пор ґрунту; 2 – розміри тіла співмірні з порами; 3 – розміри тіла більше порожнин в підстильці або співмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщі тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; Tr – трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги.

Таблиця 4.5

Кореляція едафічних характеристик та фітоіндикаційних шкал з RLQ вісями

Глибина, см	Середнє $\pm$ ст. помилка	CV, %	Кореляція з RLQ-вісями			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
<i>Твердість ґрунту, МПа</i>						
0–5	0.65 $\pm$ 0.01	18.98	-0.17	0.55	0.24	0.04
5–10	0.76 $\pm$ 0.02	29.01	-0.54	0.48	0.11	0.05
10–15	0.89 $\pm$ 0.04	42.01	-0.68	0.51	0.10	-0.08
15–20	0.96 $\pm$ 0.04	45.74	-0.54	0.67	0.25	-0.15
20–25 см	0.98 $\pm$ 0.04	45.21	-0.55	0.56	0.24	-0.13
25–30 см	0.95 $\pm$ 0.04	42.84	-0.66	0.33	0.24	-0.12
30–35 см	0.94 $\pm$ 0.03	32.23	-0.49	0.36	0.46	-0.26
35–40 см	1.04 $\pm$ 0.03	28.71	0.07	0.49	0.70	-0.11
40–45 см	1.31 $\pm$ 0.03	23.45	0.20	0.32	0.55	0.06
45–50 см	1.56 $\pm$ 0.03	21.90	0.25	0.49	0.51	0.03
50–55 см	1.81 $\pm$ 0.04	22.54	0.31	0.57	0.58	0.04
55–60 см	2.02 $\pm$ 0.04	21.53	0.42	0.64	0.62	-0.12
60–65 см	2.28 $\pm$ 0.05	21.73	0.37	0.60	0.60	-0.19
65–70 см	2.41 $\pm$ 0.05	22.25	0.46	0.67	0.62	-0.34
70–75 см	2.53 $\pm$ 0.05	20.28	0.58	0.64	0.69	-0.35
75–80 см	2.59 $\pm$ 0.05	20.49	0.57	0.67	0.62	-0.46
80–85 см	2.69 $\pm$ 0.06	22.24	0.64	0.62	0.61	-0.45
85–90 см	2.72 $\pm$ 0.06	23.15	0.68	0.59	0.65	-0.48
90–95 см	2.74 $\pm$ 0.07	26.35	0.69	0.59	0.67	-0.41
95–100 см	2.84 $\pm$ 0.08	27.95	0.67	0.58	0.64	-0.34
<i>Едафічні характеристики, щільність деревостану та дистанція від стволів дерев</i>						
Потужність підстилки, см	3.40 $\pm$ 0.10	29.70	-0.31	-0.16	-0.03	0.22

1	2	3	4	5	6	7
Вологість, %	30.96±0.69	22.76	0.58	-0.08	0.18	0.42
Щільність, г/см ³	0.98±0.01	11.44	-0.45	0.27	-0.02	-0.61
Електропровідність, дСм/м	0.21±0.01	48.12	0.86	0.15	0.27	0.03
Щільність (Tree_Density), экз./м ²	0.14±0.02	126.21	0.10	-0.08	0.03	0.13
Дистанція (Dist), м	1.67±0.09	56.89	0.06	0.30	0.24	-0.20
Dist ²	—	—	0.00	0.26	0.25	-0.15
<i>Агрегатний склад, у %, розмір фракцій у мм</i>						
> 10	21.92±0.92	42.82	0.03	0.25	0.31	0.05
7–10	11.93±0.23	19.77	0.04	0.50	0.27	-0.33
5–7	11.94±0.21	18.24	0.33	0.44	0.18	-0.14
3–5	17.79±0.38	21.63	0.31	-0.02	-0.17	0.06
2–3	17.41±0.43	25.43	0.16	-0.09	-0.04	0.02
1–2	11.73±0.52	45.18	-0.27	-0.28	-0.20	0.18
0,5–1	2.60±0.17	65.90	-0.33	-0.29	-0.24	-0.31
0,25–0,5	2.67±0.19	72.79	-0.18	-0.60	-0.40	-0.12
< 0,25	0.73±0.08	111.31	-0.26	-0.57	-0.42	-0.04
Корені	1.28±0.12	93.65	-0.24	-0.06	-0.29	0.13
<i>Фітоіндикаційні шкали за Я. П. Дідухом (2011)</i>						
Hd	10.57±0.02	1.82	-0.36	-0.19	-0.40	0.01
Ffl	6.42±0.01	1.99	-0.25	0.22	-0.15	-0.11
Rc	8.41±0.01	1.07	-0.10	0.36	-0.06	0.02
Sl	6.08±0.01	1.14	0.21	-0.02	-0.16	0.32
Ca	8.28±0.01	1.66	-0.31	0.14	-0.11	-0.19
Nt	9.82±0.03	2.72	0.32	-0.34	-0.11	0.09
Ae	6.11±0.01	1.46	-0.33	0.06	-0.04	0.03
Tm	10.79±0.01	0.88	0.41	0.02	0.32	0.23
Om	12.26±0.01	1.17	-0.16	-0.02	0.01	-0.09
Kn	8.51±0.01	1.58	-0.21	0.09	-0.03	-0.06

1	2	3	4	5	6	7
Cr	9.37±0.01	0.69	0.02	0.39	0.25	0.05
Lc	9.13±0.01	1.07	-0.53	-0.25	-0.16	0.00
<i>Індекси, що засновані на екоморфах за О. Л. Бельгардом (1950)</i>						
Troph_B	2.28±0.02	7.16	0.27	0.33	0.25	-0.08
Hygr_B	3.23±0.03	8.50	0.48	0.10	0.26	-0.16
Hel_B	3.00±0.01	3.97	-0.11	0.19	0.27	-0.15

Таблиця 4.6

Кореляція екоморф ґрунтових тварин с RLQ-вісями

Екоморфи	RLQ 1	RLQ 2	RLQ 3	RLQ 4
1	2	3	4	5
Ценоморфи				
St	-0.36	-0.54	0.81	0.20
Sil	-0.40	-0.55	-0.07	-0.53
Pr	0.67	0.76	-0.46	0.31
Pal	-0.33	0.11	0.13	0.11
Гігроморфи				
Ks	-0.41	-0.76	0.69	0.28
Ms	0.86	0.50	-0.50	-0.28
Hg	-0.52	0.27	-0.13	0.10
UHg	-0.47	-0.11	0.04	0.01
Трофоценоморфи				
OlgTr	-0.37	-0.38	0.76	0.17
MsTr	-0.16	-0.42	0.36	0.22
MgTr	0.51	0.78	-0.54	0.43
UMgTr	-0.30	-0.45	-0.06	-0.79
Аероморфи				
APhil	-0.39	-0.76	0.62	0.20
HAPhob	-0.13	-0.20	-0.24	0.25
SAPhil	0.42	0.80	-0.52	-0.27
Топоморфи				
Ep	-0.81	-0.03	0.59	0.08
End	0.79	0.06	-0.47	-0.12
Апес	-0.08	-0.07	-0.17	0.10
Фороморфи				
A1	0.84	0.57	-0.35	0.25

1	2	3	4	5
A2	-0.21	-0.42	-0.25	0.21
A3	-0.78	-0.05	0.56	0.10
B4	-0.14	-0.10	0.32	0.05
B5	-0.08	-0.19	-0.18	0.01
B6	-0.02	-0.13	-0.06	0.01
B7	-0.15	-0.34	-0.02	-0.70
Трофоморфи				
ZF	-0.43	-0.62	0.28	0.29
FF	-0.49	-0.34	0.26	0.06
SF	0.71	0.74	-0.42	-0.28
Карбонатоморфи				
ACarPhil	-0.56	0.12	0.18	0.23
CarPhil	0.68	0.15	-0.06	0.44
CarPhob	-0.18	-0.16	-0.29	0.24
HemiCarPhil	-0.28	-0.18	0.03	-0.87
HiperCarPhil	-0.08	-0.24	-0.03	-0.04

Додаток 5

Таблиця 5.1

Едафічні характеристики ділянки болота

Показник	Середнє $\pm$ ст. помилка	Мінімум	Максимум	Персентиль	
				2,50 %	97,50 %
1	2	3	4	5	6
<i>Твердість ґрунту, МПа</i>					
0–5 см	0,80 $\pm$ 0,03	0,25	1,50	0,25	1,40
5–10 см	0,95 $\pm$ 0,03	0,40	1,45	0,50	1,40
10–15 см	1,06 $\pm$ 0,03	0,40	1,65	0,50	1,60
15–20 см	1,19 $\pm$ 0,04	0,40	2,40	0,50	2,05
20–25 см	1,30 $\pm$ 0,05	0,45	2,80	0,50	2,45
25–30 см	1,39 $\pm$ 0,06	0,55	3,50	0,60	2,80
30–35 см	1,41 $\pm$ 0,07	0,50	3,60	0,50	3,10
35–40 см	1,42 $\pm$ 0,07	0,50	3,70	0,50	3,20
40–45 см	1,34 $\pm$ 0,08	0,25	3,75	0,50	3,40
45–50 см	1,31 $\pm$ 0,08	0,40	3,80	0,50	3,40
50–55 см	1,24 $\pm$ 0,07	0,25	3,80	0,45	3,10
55–60 см	1,24 $\pm$ 0,06	0,50	3,20	0,50	2,60
60–65 см	1,25 $\pm$ 0,06	0,50	3,25	0,50	2,55
65–70 см	1,38 $\pm$ 0,05	0,60	2,80	0,70	2,60
70–75 см	1,51 $\pm$ 0,05	0,80	3,00	0,85	2,80
75–80 см	1,76 $\pm$ 0,06	0,80	3,70	0,95	3,20
80–85 см	2,06 $\pm$ 0,06	0,95	3,70	1,00	3,30
85–90 см	2,32 $\pm$ 0,07	1,10	4,60	1,20	3,50
90–95 см	2,62 $\pm$ 0,08	0,95	4,75	1,30	4,40
95–100 см	3,04 $\pm$ 0,08	1,50	5,00	1,70	4,75
<i>Едафічні характеристики</i>					

1	2	3	4	5	6
Температура шару ґрунту 5–7 см, °C	16,09±0,15	13,40	22,10	14,00	20,50
Вологість ґрунту, %	39,86±3,57	11,23	223,94	13,05	180,53
Щільність ґрунту, г/см ³	0,72±0,02	0,32	1,07	0,34	1,02
Електропровідність	0,93±0,12	0,06	4,43	0,09	3,96
Agr>10					
Agr_7_10	15,99±0,12	10,40	21,42	11,87	20,34
Agr_5_7	7,60±0,05	5,95	8,59	6,08	8,56
Agr_3_5	9,59±0,06	7,53	11,32	8,40	11,28
Agr_2_3	15,98±0,10	12,63	18,70	13,59	18,39
Agr_1_2	32,89±0,17	29,60	37,06	29,82	36,32
Agr_0.5_1	5,89±0,08	4,79	9,61	4,89	8,37
Agr_0.25_0.5	12,06±0,09	9,52	13,89	10,29	13,79
Agr<0.25	15,99±0,12	10,40	21,42	11,87	20,34
Корені, %					

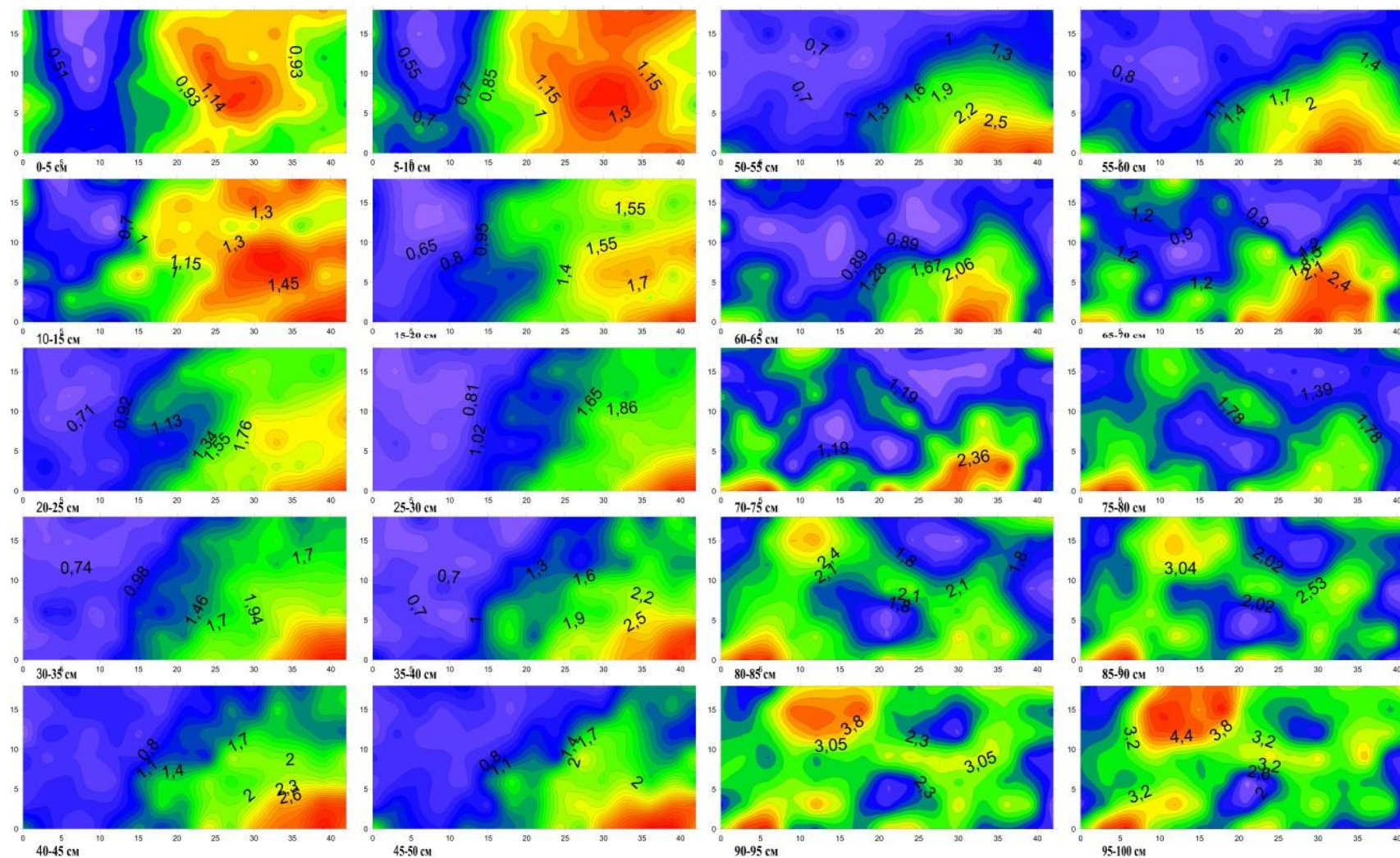


Рис. Д. 5.1. Карти просторового розподілу твердості ґрунту (в МПа) по шарах
Умовні позначення: осі абсцис і ординат – локальні координати, м

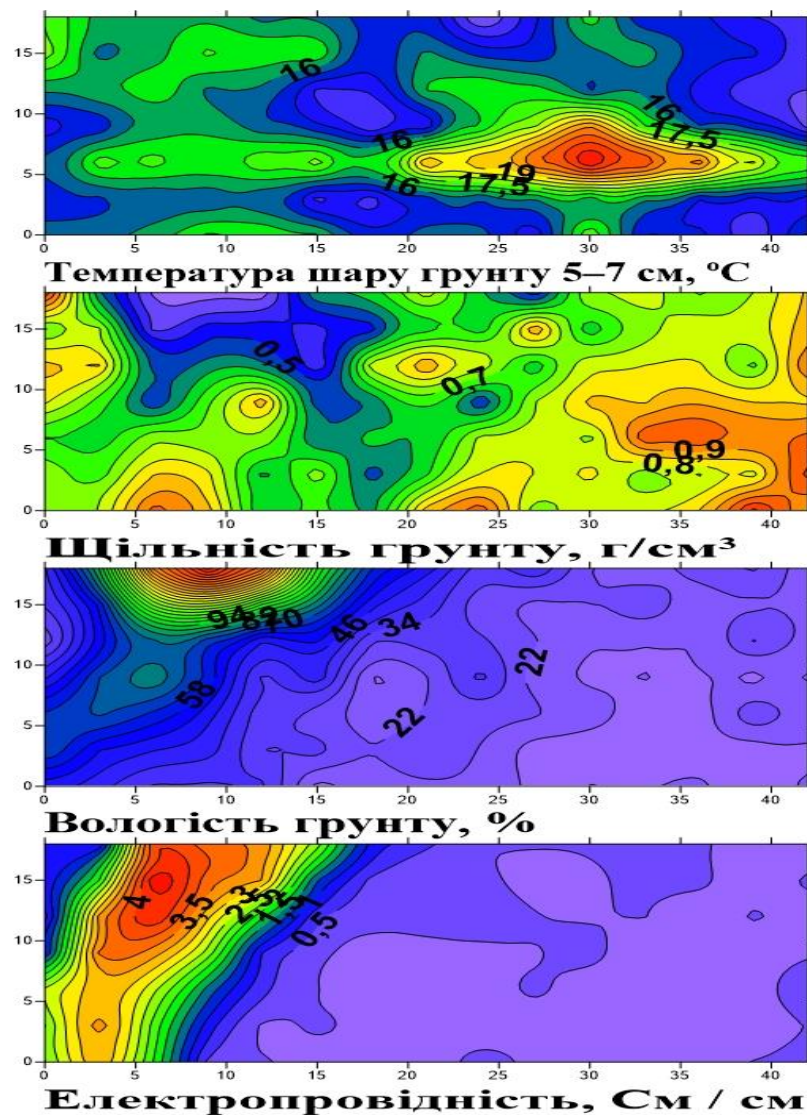


Рис. Д.5.2. Карти просторового розподілу едафічних характеристик ґрунту у шарі 0-5 см болота на території заповідника «Дніпровсько-Орільський»

Умовні позначення: осі абсцис і ординат – локальні координати, м

Таблиця 5.2

Кореляція вимірювань, отриманих у результаті багатовимірного шкалювання і показників факторів середовища і
фітоіндикаційних шкал

Показники	Середнє± ст. помилка	CV, %	NMDS1	NMDS2	NMDS3	NMDS4	r ²	Pr(>r)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–5 см	0,80±0,03	35,02	0,82	0,46	0,33	0,07	0,52	0,001
5–10 см	0,95±0,03	30,25	0,84	0,12	0,52	0,09	0,69	0,001
10–15 см	1,06±0,03	31,71	0,73	0,10	0,68	0,05	0,65	0,001
15–20 см	1,19±0,04	37,92	0,62	0,08	0,78	0,07	0,59	0,001
20–25 см	1,30±0,05	40,98	0,57	0,14	0,81	0,08	0,52	0,001
25–30 см	1,39±0,06	45,52	0,52	0,10	0,85	0,00	0,47	0,001
30–35 см	1,41±0,07	48,77	0,55	0,03	0,83	-0,07	0,44	0,001
35–40 см	1,42±0,07	53,78	0,54	-0,14	0,79	-0,25	0,43	0,001
40–45 см	1,34±0,08	58,10	0,47	-0,26	0,82	-0,19	0,39	0,001
45–50 см	1,31±0,08	60,14	0,41	-0,37	0,79	-0,26	0,35	0,001
50–55 см	1,24±0,07	60,49	0,32	-0,47	0,77	-0,28	0,27	0,001
55–60 см	1,24±0,06	50,18	0,35	-0,45	0,63	-0,53	0,18	0,001
60–65 см	1,25±0,06	45,93	0,17	-0,45	0,44	-0,76	0,09	0,043
65–70 см	1,38±0,05	39,15	0,10	-0,49	-0,01	-0,87	0,04	0,461
70–75 см	1,51±0,05	34,90	-0,45	-0,52	-0,44	-0,58	0,05	0,299
75–80 см	1,76±0,06	33,33	-0,69	-0,46	-0,54	-0,18	0,07	0,151
80–85 см	2,06±0,06	27,96	-0,60	-0,57	-0,44	0,34	0,10	0,036
85–90 см	2,32±0,07	28,92	-0,44	-0,59	-0,56	0,38	0,12	0,021
90–95 см	2,62±0,08	29,84	-0,20	-0,34	-0,63	0,67	0,14	0,004
95–100 см	3,04±0,08	26,35	-0,20	-0,31	-0,63	0,68	0,16	0,004
Вологість, %	39,86±3,57	91,72	-0,72	0,25	-0,41	0,49	0,58	0,001
Щільність, г/см ³	0,72±0,02	22,56	0,27	0,05	0,89	-0,36	0,33	0,001

1	2	3	4	5	6	7	8	9
EC	0,93±0,12	128,84	-0,90	0,07	-0,23	0,36	0,78	0,001
Temp_26_05_15	16,09±0,15	9,71	0,02	-0,22	0,17	-0,96	0,06	0,184
>7	15,99±0,21	13,53	0,61	-0,28	0,41	-0,61	0,19	0,004
5	7,60±0,05	7,39	0,45	0,61	0,41	0,50	0,12	0,011
3	9,59±0,06	6,92	-0,87	-0,12	0,19	0,44	0,05	0,263
1	15,98±0,10	6,45	-0,48	0,12	-0,74	-0,45	0,12	0,015
0,5	32,89±0,17	5,42	-0,32	0,31	-0,43	0,78	0,05	0,318
0,25	5,89±0,08	14,35	-0,40	-0,87	-0,03	-0,28	0,16	0,002
<0,25	12,06±0,09	7,43	-0,17	0,64	0,04	0,75	0,11	0,026
Hd_d	13,32±0,04	3,05	-0,81	-0,29	-0,15	0,48	0,75	0,001
ffl_d	7,07±0,01	1,81	0,10	-0,12	0,08	-0,98	0,03	0,503
Rc_d	7,89±0,01	1,68	0,84	-0,28	0,02	-0,47	0,67	0,001
Sl_d	5,97±0,01	1,23	-0,43	0,27	0,83	0,22	0,21	0,001
Ca_d	6,33±0,01	2,32	-0,18	-0,70	0,55	-0,43	0,13	0,007
Nt_d	8,89±0,03	3,00	0,49	-0,64	0,04	0,59	0,46	0,001
Ae_d	7,16±0,02	2,81	-0,37	-0,80	-0,02	0,47	0,50	0,001
Tm_d	9,56±0,01	1,08	0,72	0,13	0,68	-0,02	0,52	0,001
Om_d	13,35±0,01	0,67	-0,40	-0,13	-0,78	0,47	0,25	0,001
Kn_d	8,28±0,01	1,70	0,53	0,39	0,75	-0,04	0,13	0,005
Cr_d	9,11±0,01	0,74	-0,78	-0,48	0,32	0,25	0,44	0,001
Lc_d	8,84±0,01	1,29	-0,72	-0,20	-0,27	-0,61	0,50	0,001
Трофоморфи (Troph_B)	2,09±0,04	20,44	-0,22	0,55	0,04	-0,81	0,26	0,001
Гігроморфи (Hygr_B)	3,80±0,06	16,69	-0,78	0,15	-0,58	-0,16	0,81	0,001
Геліоморфи (Hel_B)	3,19±0,02	7,31	-0,84	0,42	0,17	-0,29	0,58	0,001
Pal	0,10±0,02	167,65	-0,78	0,55	-0,28	0,10	0,75	0,001
Pr	0,12±0,02	136,14	-0,84	0,12	0,47	-0,25	0,69	0,001
Ps	0,00±0,00	465,18	-0,18	0,51	-0,20	-0,82	0,25	0,001

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ru	0,15±0,01	87,65	-0,36	-0,84	-0,26	0,31	0,40	0,001
Sil	0,58±0,03	54,36	0,99	0,00	0,06	-0,09	0,89	0,001
St	0,05±0,00	82,98	0,80	-0,24	-0,11	0,54	0,25	0,001

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Geophilidae	Geophilus proximus C.L.Koch 1847	Pr	Ms	MgTr	SAPhil	CarPhil	Anec	ZF	A2	4,72±1,15
	Pachymerium ferrugineum (C.L.Koch 1835)	St	Ms	MsTr	SAPhil	CarPhil	Ep	ZF	A2	0,61±0,31
Ряд Lithobiomorpha										
Lithobiidae	Lithobius (Lithobius) forficatus (Linnaeus 1758)	Sil	UHg	MsTr	HAPhob	HemiCarPhil	Ep	ZF	A3	0,46±0,33
	Lithobius (Monotarsobius) aeruginosus L. Koch 1862	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	ZF	A1	2,74±1,27
	Lithobius (Monotarsobius) curtipes C.L. Koch 1847	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	ZF	A2	12,04±1,54
Ряд Julida										
Julidae	Brachyiulus jawlowskii Lohmander 1928	St	Ms	MsTr	HAPhob	ACarPhil	Ep	SF	A3	4,27±0,95
	Enantiulus nanus (Latzel 1884)	Pr	UHg	MsTr	HAPhob	CarPhob	Ep	SF	A3	0,30±0,21
Клас Insecta Ряд Coleoptera										
Carabidae	Harpalus (Pseudoophonus) griseus Panzer, 1796	St	Ms	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A1	0,91±0,62
	Harpalus (Pseudoophonus) rufipes (De Geer, 1774)	St	Ms	MsTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	ZF	A1	1,52±0,70
	Carabus (Carabus) granulatus Linne 1758	Sil	UHg	MgTr	HAPhob	CarPhob	Ep	ZF	A3	0,61±0,37
	Drypta (Drypta) dentata (P. Rossi 1790)	Pr	Hg	UMgTr	SAPhil	CarPhil	Ep	ZF	A3	0,30±0,21
	Stenolophus (Stenolophus) mixtus (Herbst 1784)	Pal	Hg	MsTr	HAPhob	CarPhob	Ep	ZF	A1	9,75±2,36
	Callistus lunatus (Fabricius 1775)	Pal	UHg	MgTr	HAPhob	ACarPhil	Ep	ZF	A1	0,15±0,15
Chrysomelidae	Chrysolina (Fastuolina) fastuosa (Scopoli 1763)	Sil	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	End	FF	B7	0,15±0,15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Therevidae	<i>Thereva nobilitata</i> (Fabricius 1775)	Sil	Ms	UMgTr	APhil	HemiCarPhil	Ep	ZF	A2	0,46±0,26
Rhagionidae	<i>Rhagio scolopaceus</i> (Linnaeus 1758)	Sil	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	End	ZF	A1	0,15±0,15
Stratiomyidae	<i>Stratiomys longicornis</i> (Scopoli 1763)	Sil	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	ZF	A2	0,30±0,22
Tabanidae	<i>Tabanus bromius</i> Linnaeus 1758	Pr	Ks	MsTr	SAPhil	CarPhil	End	ZF	B4	0,61±0,36
Tipulidae	<i>Tipula</i> (Lunatipula) <i>lunata</i> Linnaeus 1758	Pal	Ms	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	SF	B4	0,61±0,49
Empididae	<i>Empis</i> (Kritempis) <i>livida</i> Linnaeus 1758	Pr	Hg	MsTr	SAPhil	CarPhil	End	ZF	B5	0,15±0,15
Ряд Lepidoptera										
Noctuidae	<i>Agrotis clavis</i> (Hufnagel 1766)	Sil	Ks	MsTr	SAPhil	ACarPhil	End	FF	B4	5,79±1,06
Ряд Orthoptera										
Grylloidea	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> (Linnaeus 1758)	Pr	UHg	MgTr	HAPhob	ACarPhil	Anec	FF	B5	0,15±0,15
Клас Malacostraca										
Ряд Isopoda										
Trachelipodidae	<i>Trachelipus rathkii</i> (Brandt 1833)	Pr	Hg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	SF	A3	18,59±2,60
Тип Mollusca										
Клас Gastropoda										
Ряд Pulmonata										
Cochlicopidae	<i>Cochlicopa lubrica</i> (O.F. Muller 1774)	Sil	Hg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	FF	A1	4,11±0,93
Enidae	<i>Chondrula tridens</i> (O.F. Muller 1774)	St	Ms	MgTr	HAPhob	ACarPhil	Ep	FF	A3	0,15±0,15
Helicidae	<i>Cepaea</i> (Austrotachea) <i>vindobonensis</i> (C. Pfeiffer 1828)	Sil	UHg	UMgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A3	1,37±0,44
Hygromiidae	<i>Euomphalia strigella</i>)	Sil	Hg	MsTr	SAPhil	CarPhob	Ep	FF	A3	0,46±0,34
	<i>Pseudotrichia rubiginosa</i> (Rossmassler 1838)	Pal	Hg	MsTr	HAPhob	HemiCarPhil	Ep	FF	A1	5,33±1,23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Succineidae	Oxyloma (Oxyloma) elegans elegans (Risso 1826)	Pal	UHg	MsTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	FF	A3	0,30±0,21
	Succinella oblonga (Draparnaud 1801)	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A3	5,64±1,63
Valloniidae	Vallonia pulchella (O.F. Muller 1774)	Pal	Hg	MgTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A1	2,74±0,69
Vitrinidae	Vitrina pellucida (O.F. Muller 1774)	Pal	UHg	MgTr	SAPhil	ACarPhil	Ep	FF	A3	2,44±0,75
Oxychilidae	Nesovitrea (Perpolita) hammonis (Ström 1765)	Pal	UHg	MsTr	HAPhob	CarPhob	Ep	FF	A3	6,55±1,61
Planorbidae	Planorbis (Planorbis) planorbis (Linnaeus 1758)	Pal	UHg	MgTr	HAPhob	ACarPhil	Ep	FF	A3	20,88±3,56
Lymnaeidae	Lymnaea palustris (O.F.Müller, 1774)	Pal	Hg	MsTr	SAPhil	HemiCarPhil	Ep	FF	A3	5,64±1,66
Valvatidae	Valvata (Cincinna) piscinalis (O.F. Muller 1774)	Pal	Hg	MsTr	HAPhob	ACarPhil	Ep	FF	A3	0,30±0,21

Примітки: + - альтернативний спосіб лову; Cen – ценоморфи: St – степанти, Pr – пратанти, Pal – палюданти, Sil – сільванти; Hg – гігроморфи: Ks – ксерофіли, Ms – мезофіли, Hg – гігрофіли, Uhg – ультрагігрофіли; TrCen – трофоценоморфи: MsTr – мезотрофоценоморфи; MgTr – мегатрофоценоморфи; UmgTr – ультрамегатрофоценоморфи; Tr – топоморфи: End – ендегейні, Ep – епігейні, Anes – норники; аероморфи: APhil – аерофіли; SAPhil – субаерофіли; HAPhob – геміаерофоби; карбонатоморфи: CarPhob – карбонатофоби; ACarPhil – акарбонатофіли; HemiCarPhil – гемікарбонатофіли; CarPhil – карбонатофіли, HiperCarPhil – гіперкарбонатофіли Ph – фоморфи: A – переміщення за допомогою існуючої поруватості ґрунту; B – активне прокладання ходів; 1 – розміри тіла менше пор ґрунту; 2 – розміри тіла співмірні з порами; 3 – розміри тіла більше порожнин в підстильці або співмірні з великими щілинами або тріщинами в ґрунті; 4 – переміщення зі зміною товщини тіла; 5 – переміщення без змін товщі тіла; 6 – риття нір за допомогою кінцівок; 7 – С-подібна форма тіла; Tr – трофоморфи: SF – сапрофаги; FF – фітофаги; ZF – зоофаги.

Таблиця 5.4

Кореляція едафічних характеристик та фітоіндикаційних шкал з RLQ-вісями

Глибина, см	Середнє ± ст. помилка	CV, %	Кореляція з RLQ-вісями			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
<i>Твердість ґрунту, МПа</i>						
0–5	0,80±0,03	35,02	-0,72	0,19	-0,05	-0,21
5–10	0,95±0,03	30,25	-0,86	0,15	0,01	-0,30
10–15	1,06±0,03	31,71	-0,89	0,11	0,09	-0,33
15–20	1,19±0,04	37,92	-0,87	0,06	0,19	-0,36
20–25 см	1,30±0,05	40,98	-0,85	0,03	0,32	-0,32
25–30 см	1,39±0,06	45,52	-0,84	-0,02	0,38	-0,32
30–35 см	1,41±0,07	48,77	-0,85	-0,06	0,41	-0,34
35–40 см	1,42±0,07	53,78	-0,86	-0,17	0,40	-0,32
40–45 см	1,34±0,08	58,10	-0,81	-0,23	0,46	-0,36
45–50 см	1,31±0,08	60,14	-0,72	-0,39	0,50	-0,34
50–55 см	1,24±0,07	60,49	-0,63	-0,50	0,52	-0,31
55–60 см	1,24±0,06	50,18	-0,50	-0,66	0,52	-0,27
60–65 см	1,25±0,06	45,93	-0,30	-0,74	0,51	-0,23
65–70 см	1,38±0,05	39,15	-0,15	-0,74	0,46	-0,22
70–75 см	1,51±0,05	34,90	0,12	-0,78	0,38	-0,16
75–80 см	1,76±0,06	33,33	0,28	-0,79	0,24	-0,12
80–85 см	2,06±0,06	27,96	0,38	-0,74	0,15	-0,11
85–90 см	2,32±0,07	28,92	0,43	-0,63	-0,07	-0,11
90–95 см	2,62±0,08	29,84	0,40	-0,46	-0,17	-0,05
95–100 см	3,04±0,08	26,35	0,43	-0,32	-0,25	0,03
<i>Едафічні характеристики</i>						
Вологість, %	39,86±3,57	91,72	0,15	0,28	-0,07	0,70

1	2	3	4	5	6	7
Щільність, г/см ³	0,72±0,02	22,56	-0,31	-0,13	0,08	-0,50
Електропровідність, дСм/м	0,93±0,12	128,84	-0,17	0,11	0,21	0,92
Температура 26.05.15, °C	16,09±0,15	9,71	-0,19	0,09	-0,36	-0,04
<i>Агрегатний склад, у %, розмір фракцій у мм</i>						
7–10	15,99±0,21	13,53	0,00	-0,06	0,30	-0,51
5–7	7,60±0,05	7,39	0,00	-0,06	0,30	-0,51
3–5	9,59±0,06	6,92	0,39	0,19	-0,07	-0,28
2–3	15,98±0,10	6,45	0,19	-0,12	-0,26	0,17
1–2	32,89±0,17	5,42	-0,35	0,02	0,30	0,23
0,5–1	5,89±0,08	14,35	0,26	-0,14	-0,39	0,26
0,25–0,5	12,06±0,09	7,43	-0,68	0,02	0,08	0,22
<i>Фітоіндикаційні шкали за Я. П. Дідухом (2011)</i>						
Hd	13,32±0,04	3,05	-0,34	-0,01	0,08	0,84
Ffl	7,07±0,01	1,81	0,23	-0,15	0,37	-0,27
Rc	7,89±0,01	1,68	0,15	-0,26	-0,09	-0,74
Sl	5,97±0,01	1,23	0,17	-0,04	-0,22	0,33
Ca	6,33±0,01	2,32	-0,29	-0,03	0,25	0,11
Nt	8,89±0,03	3,00	0,16	-0,37	-0,30	-0,56
Ae	7,16±0,02	2,81	-0,55	-0,23	0,25	0,38
Tm	9,56±0,01	1,08	0,17	-0,15	-0,11	-0,72
Om	13,35±0,01	0,67	0,07	-0,23	0,44	0,45
Kn	8,28±0,01	1,70	-0,10	0,29	-0,27	-0,35
Cr	9,11±0,01	0,74	-0,50	0,03	0,10	0,50
Lc	8,84±0,01	1,29	-0,24	-0,10	0,33	0,61
<i>Індекси, що засновані на екоморфах за О. Л. Бельгардом (1950)</i>						
Troph_B	2,09±0,04	20,44	-0,26	0,65	-0,26	0,27
Hygr_B	3,80±0,06	16,69	-0,20	0,29	-0,01	0,82
Hel_B	3,19±0,02	7,31	-0,17	0,47	-0,14	0,69

Таблиця 5.5

Кореляція екоморф ґрунтових тварин з RLQ-вісями

Екоморфи	RLQ 1	RLQ 2	RLQ 3	RLQ 4
1	2	3	4	5
Ценоморфи				
St	-0,25	-0,20	-0,13	-0,04
Sil	-0,34	0,43	0,00	-0,10
Pr	-0,07	0,02	0,60	0,67
Pal	0,51	-0,33	-0,50	-0,51
Гігроморфи				
Ks	-0,63	-0,57	-0,03	0,07
Ms	-0,06	0,39	-0,36	-0,02
Hg	0,40	0,20	0,65	0,27
UHg	0,06	-0,17	-0,35	-0,31
Трофоценоморфи				
OlgTr	-0,10	-0,16	0,14	-0,02
MsTr	0,16	-0,75	-0,27	-0,27
MgTr	-0,12	0,70	0,10	0,11
UMgTr	-0,04	0,09	0,29	0,32
Аероморфи				
APhil	-0,53	-0,11	0,09	0,06
HAPhob	-0,24	0,23	-0,09	0,10
SAPhil	0,56	-0,12	0,01	-0,13
Топоморфи				
Ep	0,85	0,07	0,05	-0,26
End	-0,87	-0,07	-0,16	0,15
Anec	-0,01	0,01	0,28	0,31
Фороморфи				
A1	0,10	0,33	0,27	-0,50

1	2	3	4	5
A2	−0,37	0,35	0,24	0,28
A3	0,64	−0,33	−0,04	−0,01
B4	−0,01	−0,03	−0,17	0,11
B5	−0,31	0,01	0,19	0,05
B6	−0,50	−0,39	−0,11	−0,06
B7	−0,17	0,26	−0,43	0,03
Трофоморфи				
ZF	−0,42	0,12	0,38	0,32
FF	0,10	−0,28	−0,34	−0,68
SF	0,31	0,18	−0,01	0,41
Карбонатоморфи				
ACarPhil	0,41	−0,04	−0,58	−0,70
CarPhil	−0,65	−0,56	0,06	0,14
CarPhob	0,05	0,30	0,19	0,51
HemiCarPhil	0,10	0,15	0,38	0,17
HiperCarPhil	−0,27	0,12	0,05	−0,09

Додаток 6

Таблиця 6.1

Статистичні характеристики фітоіндикаційних оцінок і екоморфичної структури рослинності

Показник	Середнє	CV, %	Діапазон		Персентиль	
			Мінімум	Максимум	2,5 %	97,5 %
1	2	3	4	5	6	7
<i>Фітоіндикаційні шкали за Я. П. Дідухом (2011)</i>						
Hd	10.50±0.11	23.64	5.76	17.72	7.01	16.54
Ffl	6.72±0.08	25.62	4.18	10.59	4.56	9.62
Rc	7.58±0.03	8.84	6.08	11.30	6.39	8.84
Sl	5.94±0.03	12.98	2.89	7.66	4.30	7.09
Ca	7.18±0.04	12.02	4.62	9.51	5.74	8.89
Nt	8.14±0.15	43.35	2.01	12.51	2.49	12.18
Ae	5.39±0.06	26.59	1.49	10.41	3.62	9.11
Tm	10.05±0.03	6.48	8.61	11.64	8.92	11.28
Om	12.50±0.05	9.04	10.13	15.05	10.42	14.58
Kn	8.64±0.06	16.93	5.55	11.49	6.36	10.91
Cr	9.21±0.02	4.47	8.50	10.64	8.66	10.14
Lc	8.25±0.05	13.03	5.05	9.67	5.47	9.36
<i>Індекси, що засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда (1950)</i>						
Troph_B	2.06±0.02	22.66	1.02	3.00	1.13	2.72
Hygr_B	3.07±0.03	25.09	1.11	5.73	1.60	4.61
Hel_B	3.32±0.02	11.81	2.65	4.00	2.84	4.00
<i>Доля ценоморф за О. Л. Бельгардом (1950)</i>						
Pal	0.03±0.005	296.87	0.00	0.73	0.00	0.37
Pr	0.16±0.01	161.00	0.00	0.90	0.00	0.76
Ps	0.12±0.01	226.83	0.00	1.00	0.00	0.90

1	2	3	4	5	6	7
Ru	0.09±0.005	128.07	0.00	0.58	0.00	0.40
Sil	0.47±0.02	80.29	0.00	1.00	0.00	1.00
St	0.13±0.01	105.08	0.00	0.75	0.00	0.49

Таблиця 6.2

Об'єднана міжгрупова кореляційна матриця канонічних коренів, отриманих після дискримінантного аналізу і фітоіндикаційних шкал і показників екоморфічної структури рослинності

Показники	Корінь 1	Корінь 2	Корінь 3	Корінь 4
1	2	3	4	5
<i>Фітоіндикаційні шкали за Я. П. Дидуком (2011)</i>				
Hd	-0,07	0,47	-0,34	0,04
Ffl	0,43	0,10	0,07	-0,19
Rc	-0,01	0,14	0,03	0,04
Sl	0,08	0,20	0,11	-0,38
Ca	0,05	0,08	0,18	0,07
Nt	-0,61	-0,23	0,03	-0,25
Ae	-0,12	0,06	-0,60	-0,23
Tm	-0,13	0,08	0,16	-0,48
Om	-0,25	0,06	-0,10	0,35
Kn	0,27	0,15	0,20	-0,02
Cr	-0,11	0,02	0,02	-0,40
Lc	0,17	0,14	-0,14	-0,22
<i>Індекси, що засновані на екоморфах О. Л. Бельгарда (1950)</i>				
Troph_B	-0,18	0,23	0,15	0,03
Hygr_B	-0,15	0,18	-0,21	0,04
Hel_B	0,34	0,01	-0,05	0,10
<i>Лог-трансформована ценоморфічна структура</i>				
ilr_1	0,00	0,33	0,08	0,09
ilr_2	-0,08	0,18	0,00	0,00
ilr_3	-0,08	-0,14	0,01	0,03
ilr_4	-0,04	-0,17	-0,16	-0,10

ilr_5	–0,03	0,34	0,09	0,12
1	2	3	4	5
ilr_6	0,06	0,17	0,10	0,14
<i>Статистичні характеристики канонічних коренів</i>				
Власне число	54,04	9,24	5,63	3,53
Лямбда Уїлкса	0,00	0,00	0,03	0,22
<i>p</i> -рівень	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблиця 6.3

Частка поясненої фітоіндикаційними шкалами і екоморфічними характеристиками рослинності дисперсії осей і розподіл інформаційної значущості між багатовимірними шкалами

Показники	NMDS1	NMDS2	NMDS3	NMDS4	NMDS5	NMDS6	R ²	Pr(>r)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Фітоіндикаційні шкали</i>								
Hd	-0,40	0,62	-0,41	-0,37	0,34	0,17	0,50	0,001
ffl	0,73	-0,01	-0,15	-0,64	-0,16	-0,04	0,57	0,001
Rc	-0,45	0,43	-0,13	-0,53	-0,56	0,03	0,15	0,001
Sl	0,09	-0,41	-0,37	-0,81	-0,13	0,11	0,24	0,001
Ca	0,12	0,16	0,47	-0,83	-0,19	-0,08	0,21	0,001
Nt	-0,72	-0,30	0,02	0,63	0,05	0,05	0,63	0,001
Ae	-0,31	0,25	-0,67	0,38	0,46	0,20	0,33	0,001
Tm	-0,63	-0,76	-0,09	0,01	-0,13	0,04	0,53	0,001
Om	-0,73	0,36	0,07	0,52	0,20	0,16	0,51	0,001
Kn	0,59	0,08	0,09	-0,79	-0,10	-0,09	0,48	0,001
Cr	-0,67	-0,64	-0,28	-0,02	0,08	0,24	0,35	0,001
Lc	0,53	0,13	-0,40	-0,71	0,09	0,16	0,43	0,001
<i>Індекси, що засновані на екоморфах</i>								
Troph_B	-0,92	-0,01	0,28	-0,20	0,10	0,16	0,57	0,001
Hygr_B	-0,67	0,43	-0,41	0,22	0,23	0,30	0,48	0,001
Hel_B	0,77	0,21	-0,05	-0,60	0,00	-0,03	0,62	0,001
<i>Лог-трансформована ценоморфічна структура</i>								
ilr_1	-0,17	0,36	0,10	-0,91	0,09	-0,07	0,43	0,001
ilr_2	-0,85	0,34	0,02	-0,37	0,08	0,13	0,29	0,001
ilr_3	-0,18	-0,23	0,30	0,90	-0,01	-0,13	0,19	0,001
ilr_4	0,00	-0,27	-0,34	0,88	0,16	0,10	0,25	0,001
ilr_5	-0,12	0,46	0,26	-0,83	0,11	0,07	0,46	0,001
ilr_6	0,10	0,46	0,10	-0,86	0,07	0,12	0,37	0,001

Список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

У виданнях, що входять до наукометричних баз:

1. **Новикова В. А.** Анализ взаимосвязи температуры почвы с растительным покровом на участке песчаной степи (Природный заповедник «Днепровско-Орельский». Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького 6 (2). Мелітополь. 2016. С. 5–13. **Web of Science Core Collection**
2. Жуков А.В., Кунах О. Н., **Новикова В. А.**, Ганжа Д. С. Фитоиндикационное оценивание катены сообществ почвенной мезофауны и их экоморфическая организация. Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. 2016. № 6 (3). С. 39–45. **Web of Science Core Collection** (*особистий внесок: відбір ґрунтово-зоологічних проб, вимірювання твердості ґрунту, його щільності, вологості, температури, агрегатного складу та визначення корененасиченості, розрахунок фітоіндикаційних шкал для експериментальних ділянок*).
3. Жуков О.В., Кунах О. Н., **Новикова В. А.** Функциональная структура сообщества мезопедобионтов дерново-боровой почвы арены р. Днепр. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2016. 24(1). С. 26–39. **Web of Science Core Collection** (*особистий внесок: відбір ґрунтово-зоологічних проб, опис екоморфічної структури представників ґрунтової мезофауни, виявлення функціональних груп представників мезопедобіонтів та інтерпретація їх просторового варіювання у географічному просторі*).
4. Zhukov O.V., Kunah O.M., Dubinina Y.Y., **Novikova V.O.** The role of edaphic, vegetational and spatial factors in structuring soil animal communities in a floodplain forest of the Dnipro river. FOLIA OECOLOGICA. Vol. 45, no. 1. 2018. P. 8–23. **Scopus** (*особистий внесок: відбір ґрунтово-зоологічних проб, опис екоморфічної структури представників ґрунтової мезофауни, переклад тексту з української мови на англійську*)

Публікації у наукових фахових виданнях України:

5. Ганжа Д. С., Кунах О. Н., Жуков А. В., **Новикова В. А.** Экоморфическая организация чернокленовников в псамофильной степи на арене р. Днепр. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Д. 2015, вип. 44. С 110–126. *(особистий внесок: розрахунок фітоіндикаційних шкал для біогеоценозу псамофільного степу, розрахунок коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена матриць мір відмінності-подібності між сайтами відбору проб (табл. 2) та їх інтерпретація)*
6. Жуков А. В., Кунах О. Н., **Новикова В. А.** Экоморфическая организация сообществ мезопедобионтов дубняка со свежим разнотравьем на арене р. Днепр. Известия Харьковского энтомологического общества 2015. Т. XXIII, вып. 2. С. 39–53. *(особистий внесок: опис екоморфічної структури рослинного покриву та ґрунтової мезофауни для експериментального полігону, виявлення функціональних груп представників мезопедобіонтів та інтерпретація їх просторового варіювання в географічному просторі).*
7. **Новикова В. А.** Геостатический анализ твердости дерново-боровой слаборазвитой песчаной почвы в природном заповеднике «Днепровско-Орельский». Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. - Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського», 2016. Вип. 85. С.87-95.
8. **Новікова В. О.** Просторове варіювання едафічних властивостей у дубняку в балці Орловій (Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»). Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2016.

Список публікацій здобувача, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Жуков А. В., Кунах О. Н., **Новикова В. А.**, Ганжа Д. С. Экоморфическая организация сообществ почвенной мезофауны в пределах катены арены в долине р. Днепр. Фауна України на межі XX-XXI ст. Нові концепції зоологічних досліджень. Всеукраїнська зоологічна конференція (12-16 вересня 2017 р., м. Харків): тези доповідей. Харків, 2017. С. 23-24. *(особистий внесок: розрахунок фітоіндикаційних шкал для біогеоценозу псамофільного степу та їх інтерпретація)*

10. **Новікова В. О.** Просторова організація мезофауни ґрунтів арени долини р. Дніпро. Zoocenosis–2015 Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: VIII Міжнародна наукова конференція. Д., 2015. С. 177 – 178.
11. **Новікова В. О.** Видове різноманіття та екоморфічна структура угруповання мезопедобіонтів в урочище Орлова балка на території природного заповідника «Дніпровсько-Орільський». Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України. Матеріали міжнародної наукової конференції. Д., 2016. С. 51–52.
12. **Новікова В. О.** Просторова мінливість твердості ґрунту по шарах на ділянці піщаного степу в природному заповіднику «Дніпровсько-Орільський». VII Всеукраїнська науково-технічна конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Наукова весна 2017». Д.: ДВНЗ «НГУ», 2016. С. 279 – 280.
13. **Novikova V. A., Zhukov A. V., Posudievska O. R.** Spasial organization of soil mesofauna of the Dnieper river valley. Сучасні науково-технічні дослідження у контексті мовного простору. Матеріали регіональної науково-практичної конференції молодих учених та студентів. Д., 2016. С. 33–35. (*особистий внесок: аналітичний огляд, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).
14. **Новікова В. О.** Просторовий аспект функціонування ґрунтової мезофауни піщаного степу у природному заповіднику «Дніпровсько-Орільський». Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА. СУСПІЛЬСТВО. К., 2016. С. 42-43.