

Міністерство освіти та науки України
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОВАЛЕНКО ДАР'Я ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 574.4

ДИСЕРТАЦІЯ
УГРУПОВАННЯ НАЗЕМНИХ МОЛЮСКІВ (MOLLUSCA)
ТЕХНОЗЕМІВ НІКОПОЛЬСЬКОГО
МАРГАНЦЕВОРУДНОГО БАСЕЙНУ

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

_____ Коваленко Д.В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник: Жуков Олександр Вікторович,
доктор біологічних наук, професор

Мелітополь – 2019

АНОТАЦІЯ

Коваленко Д. В. Угруповання наземних молюсків (Mollusca) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, 2019.

Відповідно до пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки України у якості найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави відмічені технології сталого використання, збереження і збагачення біоресурсів та покращення їх якості і безпечності, збереження біорізноманіття та технології раціонального використання ґрунтів і збереження їх родючості. Видобування корисних копалин відкритим способом призвело до утворення великих площ порушених земель. Значні території покривають промислові відвали, на яких відсутній родючий шар ґрунту. Під рекультивацією земель розуміють комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності та економічної цінності земель, а також покращення умов довкілля. Техногенні території, що утворились при винесенні на денну поверхню гірських порід, є якісно новими едафотехнічними компонентами екосистем зі специфічним складом і властивостями та взаємодією з навколишнім середовищем. Видобуток корисних копалин відкритим способом призводить до повного руйнування усіх компонентів біогеоценозу: едафотопу, фіто-, зоо- та мікробоценозу. На початку біологічного освоєння техноземи характеризуються несприятливими едафічними властивостями, а у процесі біологічного етапу рекультивації більшість лімітуючих факторів (поживний режим, засолення, фізичні

властивості) зменшують свій обмежувальний вплив. Важливу наукову проблему становить виявлення механізмів, які сприяють збереженню екологічного різноманіття та формують біогеоценотичні зв'язки, які обумовлюють динаміку біологічної продуктивності в екосистемах. Усе вище зазначене дозволяє констатувати актуальність вивчення закономірностей формування угруповань тварин на штучно створених у процесі рекультивації земель ґрунтоподібних конструкціях.

Метою роботи є встановити закономірності динаміки та стійкості угруповань та популяцій наземних молюсків (Mollusca) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: встановити закономірності варіювання властивостей едафотопу та рослинного покриву та визначити їх значення як предикторів екологічних ніш наземних молюсків різних типів техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну; встановити видовий склад угруповань наземних молюсків техноземів та виявити оптимальні конструкції техноземів для існування молюсків; виявити статистичні моделі, які найкраще описують розподіли чисельності популяцій молюсків у техноземах; встановити залежності типів розподілу чисельностей молюсків від типів техноземів; оцінити стійкість угруповань молюсків; визначити роль фізичних властивостей техноземів (електричної провідності, агрегатного складу та твердості) у якості екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних молюсків; показати значення фізіономічних типів рослинного покриву техноземів у якості екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних молюсків; перевірити гіпотезу про залежність структури екологічної ніші наземних молюсків від екологічних факторів, які встановлені на основі фітоіндикаційних оцінок. Об'єктом дослідження є угруповання та популяції наземних молюсків техногенних екосистем Нікопольського марганцеворудного басейну (Україна). Предмет вивчення – закономірності динаміки та стійкості угруповань наземних молюсків та особливості екологічних ніш окремих видів в умовах штучно створених

грунтоподібних конструкцій – техноземів. Для оцінки просторової варіабельності наземних молюсків у межах експериментального полігону були розміщені ґрунтово-зоологічні проби розміром $0,5 \times 0,5$ м, які знаходились у межах регулярної сітки 7×15 з інтервалом 3 м між сусідніми пробами; для вимірювання твердості ґрунту застосовувався пенетрометр Eijkelkamp, для вимірювання електропровідності ґрунту – прилад HI 76305, агрегатний склад техноземів встановлений за допомогою методу сухого просіювання. Фітоіндикаційні оцінки екологічних режимів встановлені за Я.П. Дідухом. Усього було відібрано 3780 ґрунтово-зоологічних проб, у яких було виявлено 32626 екземплярів молюсків.

У роботі вперше доведено значення едафічних властивостей техноземів (електрична провідність, твердість та агрегатний склад) та особливостей рослинного покриву (структура фізіономічних типів та екологічні режими, які оцінені за допомогою фітоіндикації) у якості предикторів екологічної ніші наземних молюсків техноземів; встановлений інваріантний характер у часі та видоспецифічний і особливий для техноземів характер розподілів чисельності популяцій молюсків на фоні значної просторово-часової варіабельності чисельності популяцій; доведена стійкість угруповань молюсків техноземів та висловлені гіпотези, які пояснюють механізми стійкості угруповань; встановлені особливості екологічних ніш наземних молюсків техноземів. В дисертації удосконалено процедуру цифрового дешифрування знімків поверхні Землі з метою кількісної оцінки проективного покриття різних фізіономічних типів.

У результаті проведеної роботи розроблений підхід для дешифрування цифрових знімків поверхні Землі для виявлення проективного покриття рослинності та окремих категорій рослинного покриву – фізіономічних типів. Цей підхід є альтернативою широко поширеному окомірному методу та дає можливість одержати кількісні та об'єктивні оцінки стану рослинного покриву, які можна застосовувати як для моніторингу стану рослинності у процесі біологічного етапу рекультивації, так і для вимірювання

екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних тварин у тому числі і молюсків. Практичним результатом роботи є також те, що поряд з оцінками чисельності популяцій як фундаментальної її характеристики слід застосовувати показники відповідності спостережуваних розподілів чисельності молюсків теоретичним моделям. Відповідність тієї або іншої моделі вказує на якісний стан популяції, що дуже важливо для досягнення цілей моніторингу та екологічної оцінки стану земель, що рекультивуються.

Показано, що сукупність властивостей едафотопу та рослинного покриву, представлених кількісними оцінками фізіономічних типів, фітоіндикаційних шкал, електропровідності, агрегатного складу та твердості ґрунту, формують інформаційно цінний перелік екогеографічних предикторів, здатних пояснити особливості екологічної ніші видів наземних молюсків у різних типах техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. У межах техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну була встановлена наявність чотирьох видів наземних молюсків: *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), *Monacha cartusiana* (O.F. Muller, 1774), *Chondrula tridens* (O.F. Muller, 1774), *Helix lucorum* Linnaeus, 1758. Оптимальні умови для наземних молюсків формуються у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках. Доведено, що статистичні моделі, які найкраще описують розподіли чисельності молюсків, є специфічними для окремих видів та є інваріантними у часі. Для чисельних молюсків *Brephulopsis cylindrica* та *Monacha cartusiana* найкращими є логнормальна модель та модель Ципфа-Мандельброта. Для менш чисельного виду *Chondrula tridens* найкращою є модель Ципфа, та меншою мірою – модель Ципфа-Мандельброта. Розподіл чисельності представників рідкісного виду *Helix lucorum* найчастіше описується моделями поламаного стрижня або Мотомури. Для кожного типу техноземів характерний специфічний спектр моделей, які найкраще описують розподіли чисельності популяцій молюсків. Логнормальна модель найчастіше є ефективною для описання населення молюсків на червоно-бурій глині та на педоземі, модель Ципфа-

Мандельброта найкраща для лесоподібних суглинків та сіро-зелених глин, модель зламаного стрижня найчастіше придатна для описання популяцій молюсків на лесоподібних суглинках. Модель Мотомури ефективна також на лесоподібних суглинках та на сіро-зеленій глині, а модель Ципфа – для лесоподібних суглинків та педоземів. Наземні молюски техноземів формують стійкі угруповання. Найбільшим рівнем стійкості характеризуються угруповання на лесоподібних суглинках, а найменш стійкі – на сіро-зелених глинах та педоземах. Найстійкіші угруповання молюсків у весняно-літній період, а найменш стійкі – в літньо-осінній період. Фактором стійкості є конкурентні відносини видів, найчастіше центром яких виступає домінуючий *B. cylindrica*. Роль електричної провідності ґрунту як предиктора екологічної ніші наземних молюсків обумовлена режимом вологості, рівнем мінерального живлення та вмістом поживних речовин. Найчутливіші до агрегатної структури техноземів є молюски *B. cylindrica*, менш чутливими є *M. cartusiana*, а найменш чутливими є *Ch. tridens*. Молюски негативно реагують на збільшення вмісту в техноземах мілких агрегатних фракцій (розміром до 1 мм). До варіабельності твердості ґрунту найчутливіші молюски *Ch. tridens*, менш чутливі – *M. cartusiana*, та найменш чутливі – *B. cylindrica*. Фізіономічні типи рослинного покриву є інформаційно цінними предикторами екологічної ніші наземних молюсків біогеоценозів, сформованих на техноземах. Найбільше фізіономічна структура рослинного покриву визначає особливості екологічної ніші *M. cartusiana*, менше – *Ch. tridens* та найменш чутливим є *B. cylindrica*. Збільшення проективного покриття злаків сприяє зростанню чисельності молюсків, а відкрита поверхня ґрунту та мертвий рослинний покрив негативно впливають на чисельність наземних молюсків. Найчутливішими до екологічних режимів, встановлених за фітоіндикацією, є *M. cartusiana*. Цьому виду поступається *B. cylindrica* та найменш чутливим є молюск *Ch. tridens*. Молюски найчутливіші до екологічних режимів, які встановлюються на основі фітоіндикації, в педоземах, менш чутливі – в техноземах на червоно-бурих глинах, та

найменш чутливі – в технозомах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках. Змінність режиму вологості негативно впливає на молюсків, у той час як сама вологість едафотопу здійснює позитивний вплив. Рівень мінералізації та термоклімат сприяють збільшенню чисельності молюсків.

Ключові слова: рекультивация, молюски, різноманіття, стійкість, екологічна ніша, динаміка, біоіндикація

SUMMARY

Kovalenko D.V. Terrestrial mollusc (*Mollusca*) communities of Nikopol manganese ore basin technosols. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Biological Sciences in specialty 03.00.16 - Ecology. – Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, 2019.

According to the priority of directions in the development of science and technology in Ukraine, as the most important issues of the development of scientific and technical, socio-economic, socio-political, human potential in order to ensure Ukraine's competitiveness in the world and sustainable development of society and state, there are the technologies of consistent use, preservation and enrichment of biological resources and improving their quality and safety, preserving biodiversity and technology of rational use of soils and preserving their fertility. Surface mining operations have caused the formation of large areas of disturbed soils. Significant areas are covered with industrial spoil dumps where there is no fertile soil layer. Soil reclamation is understood as a complex of measures aimed at restoring productivity and economic value of soils, as well as improving environmental conditions. Technogenic territories, formed while pulling roach out to the surface, are qualitatively new edaphotechnical components of ecosystems with specific composition and features interacting with the environment. Surface mining operations cause the complete destruction of all components of biogeocoenosis: edaphotope, phytocenosis, zoocenosis and

microbiota. At the beginning of biological development, technosols are characterized by unfavourable edaphic properties, and in the process of the biological stage of the reclamation, most of the limiting factors (supply of nutrients, salinity, physical features) reduce their restrictive effect. An important scientific issue is the discovery of mechanisms that cater for the preservation of ecological diversity and form biogeocoenic bonds that determine the dynamics of biological productivity in ecosystems. All the above mentioned state the relevance of studying the regularities of formation of animal communities in soil-like structures artificially created in the process of soil reclamation.

The aim of the work is to reveal the regularities of dynamics and stability of communities and populations of terrestrial molluscs (Mollusca) of technosols of Nikopol manganese ore basin. To achieve this aim, the following objectives must be solved: to find out the variation regularities of edaphotope properties and the vegetation cover, and to determine their significance as the predictors of ecological niches of terrestrial molluscs in different types of technosols of Nikopol manganese ore basin; to identify the species composition of the communities of technosols and the optimal structures of technosols for the existence of molluscs; to reveal the statistical models that best describe in technosols; to reveal the dependency of types of mollusc populations abundance distribution on types of technosols; to assess the consistency of communities; to define the role of physical features of technosols (electrical conductivity, aggregate composition and hardness) as ecogeographical predictors of the ecological niches of terrestrial molluscs; to demonstrate the value of physiognomic types of plant cover of technosols as ecogeographic predictors of the ecological niche of terrestrial molluscs; to test the hypothesis on the dependence of the ecological niches structure of terrestrial molluscs on ecological factors, based on phytoindication assessment. The object of the study are the communities and populations of terrestrial molluscs in technogenic ecosystems of Nikopol manganese ore basin (Ukraine). The subject of the study comprises the regularities of dynamics and consistency of communities of terrestrial molluscs and features of ecological

niches of certain species in conditions of artificially created soil-like structures – technosols. To assess the spatial variability of terrestrial molluscs, within the demonstration trail there were placed the soil-zoological samples sized 0.5×0.5 m, located within the regular grid 7×15 with an interval of 3 m between the neighbouring samples; to measure the hardness of the soil, a penetrometer Eijkelkamp was used; to measure the electrical conductivity of the soil, a device HI 76305 was used; to determine the aggregate composition of technosols, method of dry sifting was applied. Phytoindicative assessments of ecological regimes were carried out according to Didukh. Totally there were selected 3780 soil-zoological samples, in which 32626 specimens of molluscs were detected.

In the work for the first time the significance of edaphic properties of technosols (electrical conductivity, hardness and aggregate composition) and features of the vegetation cover (structure of physiognomic types and ecological regimes assessed by means of phytoindication) have been proved as being the predictors of ecological niches of terrestrial molluscs in technosols; the invariant in time character, and species-specific and peculiar for the technosols nature of the mollusc populations abundance distribution on the background of considerable spatial-temporal variability of the population size have been determined; the consistency of the communities of technosols have been proved; and the hypotheses that explain the mechanisms of the consistency of the communities have been described; the features of ecological niches of terrestrial molluscs of technosols have been established. In the dissertation, the procedure of digital decoding photographs of the Earth's surface has been improved aimed at quantitative evaluation of the projective coverage of various physiognomic types.

As a result of this work, an approach for decoding digital photographs of the Earth's surface was developed to detect the projective vegetation cover and some vegetation cover categories – physiognomic types. This approach is an alternative to the widespread ocular method and provides an opportunity to obtain quantitative and objective assessment of the state of vegetation cover, which can be used both for monitoring the state of vegetation during the biological stage of reclamation,

and for measuring ecogeographical predictors of the ecological niche of terrestrial animals, including molluscs. The practical result of the work is also that, along with the assessment of the population size as its fundamental characteristic, it is necessary to use the indexes of the correspondence of the observed molluscs abundance distribution to the theoretical models. The correspondence of one or another model indicates the quality of the population, which is very important for achieving the objectives of monitoring and environmental assessment of the state of the soils being reclaimed.

The research results demonstrate that the combination of the properties of edaphotope and the vegetation cover, represented by the quantitative assessments of the physiognomic types, phytoindicative scales, electrical conductivity, aggregate composition and hardness of the soil, forms an informatively valuable list of ecogeographic predictors which can explain the features of the ecological niche of terrestrial molluscs in different types of technosols of Nikopol manganese ore basin. Within the technosols of Nikopol manganese ore basin there were found four types of terrestrial molluscs: *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), *Monacha cartusiana* (OF Muller, 1774), *Chondrula tridens* (OF Muller, 1774), *Helix lucorum* Linnaeus, 1758. Optimal conditions for terrestrial molluscs are enabled in soddy-lithogenic soils on loess-like loams. It is proved that the statistical models, best describing the mollusc abundance distribution, are specific for certain species and are invariant in time. For the abundant *Brephulopsis cylindrica* and *Monacha cartusiana* molluscs, the best is the log-normal model and Zipf-Mandelbrot model. For less abundant *Chondrula tridens*, Zipf model is the best, and Tsipf-Mandelbrot model is not so good. The abundance distribution of the rare species *Helix lucorum* representatives is mainly described by models of broken rod or Motomura's one. Each type of technosols is characterized with a specific range of models best describing the mollusc populations' abundance distribution. The log-normal model is mostly effective in describing the population of molluscs in red-brown clay and in pedozem; Zipf-Mandelbrot model is the best for loess-like loams and gray-green clays, and the model of broken rod is mainly

used to describe mollusc populations in loess-like loams. Motomura's model is also effective in loess-like loams and in gray-green clay, and Zipf model – in loess-like loams and pedozems. Terrestrial molluscs of technosols form consistent communities. The highest level of consistency is peculiar to the communities located on the loess-like loams, and the least consistent ones are those on gray-green clays and pedozems. The most consistent communities of molluscs are in the spring-summer period, and the least consistent ones are in the summer-autumn period. The factor of consistency is the competitive relations of species, often dominated by *B. cylindrica*. The role of electrical conductivity of soil as a predictor of the ecological niche of terrestrial molluscs is determined by humidity conditions, mineral nutrition and nutrient content. The most sensitive to the aggregate structure of technosols are *B. cylindrica* molluscs, *M. cartusiana* are less sensitive, and the least sensitive are *Ch. Tridens*. Molluscs react negatively to the increase of content of small aggregate fractions (up to 1 mm in size) in technosols. Molluscs *Ch. tridens* are the most sensitive to the variability of soil hardness, *M. cartusiana* are less sensitive, and the least sensitive are *B. cylindrica*. The physiognomic types of vegetation cover are informatively valuable predictors of the ecological niche of terrestrial molluscs in biogeocoenoses formed on technosols. The physiognomic structure of the vegetation cover determines mostly the features of the ecological niche of *M. cartusiana*, in a less degree - *Ch. tridens* and the least sensitive is *B. cylindrica*. An increase in the projective coverage of grasses contributes to an increase in the number of molluscs, while the open soil surface and dead vegetation have a negative effect on the number of terrestrial molluscs. The most sensitive to the ecological regimes, established by means of phytoindication, is *M. cartusiana*. *B. cylindrica* follows it and the least sensitive is the mollusc *Ch. Tridens*. The molluscs are most sensitive to ecological regimes, which are established by means of phytindication, in pedozems; less sensitive ones are in technosols on red-brown clay, and the least sensitive ones are in technosols on gray-green clays and on the loess-like loams. The variability of the humidity conditions has a negative effect on molluscs, while the very humidity of the

edaphotope has a positive effect. The level of mineralization and thermoclimate contribute to an increase in the number of molluscs.

Key words: reclamation, molluscs, diversity, consistency, ecological niche, dynamics, bioindication.

Список публікацій здобувача в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

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

1. Zhukov O. V., Kovalenko D. V., Kramarenko S. S., & Kramarenko A. S. (2019). Analysis of the spatial distribution of the land snail *Brephulopsis cylindrica* (Stylommatophora, Enidae) ecological niche in technosols. *Biosystems Diversity*, 27(1), 62–68. doi:10.15421/011910 (**Web of Science**) (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).
2. Zhukov O. V., Kovalenko D. V., & Maslykova K. P. (2019). Physiognomic vegetation types and their identification by using the decryption of digital images. *Agrology*, 2(1), 94–99. doi: 10.32819/2617-6106.2019.21003 (**Agricola**) (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

Публікації у наукових фахових виданнях України

3. Коваленко Д. (2019). Особливості екологічної ніші молюска *Monacha* (*Monacha*) *cartusiana* (O. F. Muller, 1774) у техноземі на сіро-зеленій глині (Нікопольський марганцеворудний басейн). Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки, 3(387), 91–100.

4. Коваленко Д. В. (2019). Стійкість угруповань молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Біоресурси і природокористування, 11 (3–4), <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13029/11323>
5. Коваленко Д. В. (2019). Часова динаміка чисельності популяцій молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Біоресурси і природокористування. 11(1–2), 67–81.
6. Маслікова К. П., Жуков О. В., Коваленко Д. В. (2019). Динаміка вмісту карбонатів та засвоюваних форм азоту протягом техногенного ґрунтогенезу в техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Наукові доповіді НУБІП України. 1 (77). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12584/10909>
(особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).
7. Бабченко А. В., Коваленко Д. В. (2019). Порівняльна оцінка особливостей екологічних ніш наземних молюсків у різних типах техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Біоресурси і природокористування, 11 (3–4), <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/12769> (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).
8. Жуков О. В., Маслікова К. П., Коваленко Д. В. (2018). Динаміка регуляторних екосистемних сервісів протягом техногенного ґрунтогенезу в техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Наукові доповіді НУБІП України. 6 (76). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12266> (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

Список публікацій які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Коваленко Д. В. (2018). Угрупування наземних молюсків (Mollusca) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Е-45 Екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони України: Матеріали II Міжнародної наукової конференції. Дніпро: Ліра, 70–71.
10. Коваленко Д. В. (2019). Стійкість угруповань молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Соціально-економічний розвиток України: цивілізаційний вибір: зб. мат. конф. / за заг. ред. М.М. Радевої, В.М. Коломієць. – Мелітополь: ТОВ "Колор Принт", 63–66.
11. Коваленко Д. В. (2019). Різноманіття та механізми стійкості угруповань молюсків техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada. 2019. 42–53.
12. Коваленко Д. В. (2019). Структура угруповання наземних молюсків (Mollusca) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. V Міжнародна науково-практична конференція "Актуальні питання біологічної науки": Збірник статей – Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя. 195–200.

Публікації які додатково відображають наукові результати дисертації

13. Маслікова К. П., Жуков О. В., Коваленко Д. В. (2018). Фітоіндикаційна оцінка режиму освітлення як маркер регуляторних екосистемних сервісів у техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 4, 116–122. DOI 10.31210/visnyk2018.04.17 (*особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків*).
14. Коваленко Д. В. (2019). Механізми стійкості угруповань молюсків техноземів нікопольського марганцеворудного басейну. Екологія –

філософія існування людства: зб. наук. праць / за заг. ред. М. М. Радєвої, В. М. Коломієць. – Мелітополь : ТОВ "Колор Принт", 181–187.

ЗМІСТ

ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЗЕМІВ ЯК СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	24
1.1.Методичні підходи до оцінки антропогенної трансформації екосистем	24
1.2.Антропогенні оселища та їх екологічні режими	27
1.3.Факторний аналіз екологічної ніші.....	29
1.4.Підходи до оцінки стійкості угруповань тварин	33
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ	35
2.1. Загальна характеристика досліджуваної території.....	35
2.2. Облік тварин та оцінка екологічних властивостей у межах полігонів.....	37
2.3. Методи вимірювання едафічних властивостей.	39
2.4. Методи геостатистики	40
2.5. Методи оцінки стійкості угруповання молюсків	42
РОЗДІЛ 3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ЕКОГЕОГРАФІЧНИХ ПРЕДИКТОРІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НІШІ НАЗЕМНИХ МОЛЮСКІВ ТЕХНОЗЕМІВ	45
3.1. Фізіономічні типи рослинності та їх ідентифікація за допомогою дешифрування цифрових знімків.....	45
3.2. Педоземи	56
3.3. Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	64
3.4. Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині.....	70
3.5. Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	77
Висновки по розділу	83
РОЗДІЛ 4 ДИНАМІКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА СТІЙКІСТЬ УГРУПОВАНЬ МОЛЮСКІВ ТЕХНОЗЕМІВ.....	85

4.1. Динаміка чисельності молюсків техноземів	85
4.2. Порівняння найкращих моделей розподілу чисельності молюсків	98
4.3. Стійкість угруповань молюсків.....	101
Висновки по розділу	117
РОЗДІЛ 5 ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ НІШ НАЗЕМНИХ МОЛЮСКІВ	
ТЕХНОЗЕМІВ.....	120
5.1. Педоземи.....	120
5.2. Дерново-літогенні ґрунти на лесоподібних суглинках.....	140
5.3. Дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах	159
5.4. Дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах	176
5.5. Порівняльна оцінка особливостей екологічних ніш наземних молюсків у різних типах техноземів.....	194
Висновки по розділу	201
ВИСНОВКИ.....	203
ЛІТЕРАТУРА.....	205
ДОДАТКИ.....	230

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. У Законі України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» у якості найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави відмічені технології сталого використання, збереження і збагачення біоресурсів та покращення їх якості і безпечності, збереження біорізноманіття та технології раціонального використання ґрунтів і збереження їх родючості. Видобування корисних копалин відкритим способом призвело до утворення великих площ порушених земель [18]. Значні території покривають промислові відвали, на яких відсутній родючий шар ґрунту [101]. Новий науковий напрямок – «Техногенне ґрунтознавство» вирішує проблему створення штучних ґрунтів на територіях, які зазнали корінних трансформацій [53, 263]. Під рекультивацією земель розуміють комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності та економічної цінності земель, а також покращення умов довкілля [249]. Техногенні території, що утворилися при винесенні на денну поверхню гірських порід, є якісно новими едафотехнічними компонентами екосистем зі специфічним складом і властивостями та взаємодією з навколишнім середовищем [212]. Видобуток корисних копалин відкритим способом призводить до повного руйнування усіх компонентів біогеоценозу: едафотопу, фіто-, зоо- та мікробоценозу [5, 6, 36]. На початку біологічного освоєння техноземи характеризуються несприятливими едафічними властивостями, а у процесі біологічного етапу рекультивації більшість лімітуючих факторів (поживний режим, засолення, фізичні властивості) зменшують свій обмежувальний вплив [23]. Важливу наукову проблему становить виявлення механізмів, які сприяють збереженню екологічного

різноманіття та формують біогеоценотичні зв'язки, які обумовлюють динаміку біологічної продуктивності в екосистемах [85].

Усе вище зазначене дозволяє констатувати актуальність вивчення закономірностей формування угруповань тварин на штучно створених у процесі рекультивації земель ґрунтоподібних конструкціях.

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

Дисертаційна робота виконана в 2012–2018 рр. у рамках наукової програми кафедри екології та зоології Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького як частина державних науково-дослідних тем: «Комплексні урбоекологічні дослідження селітебного ландшафту міста Мелітополя», № 0110U003219; «Оцінка стану природних та штучних екосистем північно-західного Приазов'я», № 0113U002248; «Інвентаризація міської фауни, растрове картування та створення атласу урбанізованих видів тварин малого міста (Північно-Західне Приазов'я)», № 0116U006756.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є встановити закономірності динаміки та стійкості угруповань та популяцій наземних молюсків (Mollusca) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- встановити закономірності варіювання властивостей едафотопу та рослинного покриву та оцінити їх значення як предикторів екологічних ніш наземних молюсків різних типів техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну;
- встановити видовий склад угруповань наземних молюсків техноземів та виявити оптимальні конструкції техноземів для існування молюсків;
- виявити статистичні моделі, які найкраще описують розподіли чисельності популяцій молюсків у техноземах;
- встановити залежності типів розподілу чисельності молюсків від типів техноземів;

- оцінити стійкість угруповань молюсків;
- визначити роль фізичних властивостей техноземів (електричної провідності, агрегатного складу та твердості) у якості екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних молюсків;
- показати значення фізіономічних типів рослинного покриву техноземів у якості екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних молюсків;
- перевірити гіпотезу про залежність структури екологічної ніші наземних молюсків від екологічних факторів, які встановлені на основі фітоіндикаційних оцінок.

Об'єкт дослідження. Угруповання та популяції наземних молюсків техногенних екосистем Нікопольського марганцеворудного басейну (Україна).

Предмет вивчення. Закономірності динаміки та стійкості угруповань наземних молюсків та особливості екологічних ніш окремих видів в умовах штучно створених ґрунтоподібних конструкцій – техноземів.

Методи дослідження. Для оцінки просторової варіабельності наземних молюсків у межах експериментального полігону були розміщені ґрунтово-зоологічні проби розміром 0,5×0,5 м, які знаходились у межах регулярної сітки 7×15 з інтервалом 3 м між сусідніми пробами; для вимірювання твердості ґрунту застосовувався пенетрометр Eijkelkamp, для вимірювання електропровідності ґрунту – прилад HI 76305, агрегатний склад техноземів встановлений за допомогою методу сухого просіювання. Фітоіндикаційні оцінки екологічних режимів встановлені за Я. П. Дідухом [104]. Статистичні розрахунки проведені за допомогою програми Statistica 7.0 і програмної оболонки Project R "R: A Language and Environment for Statistical Computing" (<http://www.R-project.org/>), геостатистичні розрахунки проведені за допомогою програми Surfer 11.0, ГІС-база даних підготовлена за допомогою ESRI ArcMap 10.0. Таксономія та номенклатура молюсків наведена за базою даних Fauna Europea [98], рослин – за В. В. Тарасовим [223]. Усього було

відібрано 3780 ґрунтово-зоологічних проб, у яких було виявлено 32626 екземплярів молюсків.

Видове визначення наземних молюсків виконано за І. М. Ліхаревим та Є. С. Раммельмейером [30] і Н. В. Гураль-Сверловою, і Р. І. Гуралем [121]. Правильність таксономічних визначень перевірена професором С. С. Крамаренком.

Наукова новизна отриманих результатів.

Уперше:

- доведено значення едафічних властивостей техноземів (електрична провідність, твердість та агрегатний склад) та особливостей рослинного покриву (структура фізіономічних типів та екологічні режими, які оцінені за допомогою фітоіндикації) у якості предикторів екологічної ніші наземних молюсків техноземів;
- встановлений інваріантний характер у часі та видоспецифічний і особливий для техноземів характер розподілів чисельності популяцій молюсків на фоні значної просторово-часової варіабельності чисельності популяцій;
- доведено стійкість угруповань молюсків техноземів та висловлені гіпотези, які пояснюють механізми стійкості угруповань;
- встановлені особливості екологічних ніш наземних молюсків техноземів;

Удосконалено:

- процедуру цифрового дешифрування знімків поверхні Землі з метою кількісної оцінки проективного покриття різних фізіономічних типів.

Набули подальшого розвитку:

- концепція екологічної ніші Хатчинсона [133, 134] і способи її кількісної оцінки та відображення у екологічному та географічному просторі;
- принципи та методи фітоіндикації екологічного простору тварин за О. М. Кунах [151];

- принципи та методи екології техноземів [249].

Практичне значення отриманих результатів. У результаті проведеної роботи розроблений підхід для дешифрування цифрових знімків поверхні Землі для виявлення проективного покриття рослинності та окремих категорій рослинного покриву – фізіономічних типів. Цей підхід є альтернативою широкопоширеному окомірному методу та дає можливість одержати кількісні та об'єктивні оцінки стану рослинного покриву, які можна застосовувати як для моніторингу стану рослинності у процесі біологічного етапу рекультивації, так і для вимірювання екогеографічних предикторів екологічної ніші наземних тварин у тому числі й молюсків. Практичним результатом роботи є також те, що поряд з оцінками чисельності популяцій як фундаментальної її характеристики слід застосовувати показники відповідності спостережуваних розподілів чисельності молюсків теоретичним моделям. Відповідність тієї або іншої моделі вказує на якісний стан популяції, що дуже важливо для досягнення цілей моніторингу та екологічної оцінки стану земель, що рекультивуються.

Основні теоретичні положення й матеріали дисертації застосовуються при викладанні дисциплін «Екологія», «Зоологія безхребетних», «Навчальна практика по зоології», «Системний аналіз в екології», «Методи моделювання екологічних систем», «Біоіндикація» у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького.

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

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень доповідались і обговорювалися на щорічних засіданнях кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування; на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (Мелітополь, 2012–2019 рр.); на II Міжнародній конференції з екологічних досліджень лісових біогеоценозів в умовах степової зони України (м. Дніпро, 14–15 листопада 2018 р.); на XIX Міжнародній науковій конференції молодих учених та студентів «Соціально-економічний розвиток України: цивілізаційний вибір» (Мелітополь, 26 квітня 2019 року); на V Міжнародній науково-практичній конференції "Актуальні питання біологічної науки" (Ніжин, 16 квітня 2019 р.), на 13 Міжнародній конференції «Science and society» (Гамільтон, Канада, 19 липня 2019 р.).

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 14 наукових працях, із них 2 – у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Web of Science або Agricola, 6 – що входять до переліку фахових, 4 – матеріали наукових конференцій, 2 – що додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 293 сторінках комп'ютерного тексту й складається зі вступу, 5 розділів, висновків, літератури і додатків. Вона містить 46 таблиць і 40 рисунків. Список літературних посилань містить 263 джерела, 201 з яких – англійською мовою.

Подяки. Автор щиро вдячний за участь у збиранні та у таксономічному визначенні видів рослин Г. О. Бондар, К. П. Масліковій, Д. С. Ганжі, К. В. Андрусевич, у збиранні наземних молюсків О. В. Жукову та К. В. Андрусевич, у збиранні ґрунтових зразків та визначенні едафічних властивостей О. В. Жукову, Г. О. Задорожній та В. І. Коцун, за перевірку правильності визначення молюсків С. С. Крамаренку.

РОЗДІЛ 1

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЗЕМІВ ЯК СЕРЕДОВИЩА
ІСНУВАННЯ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ
(АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Методичні підходи до оцінки антропогенної трансформації
екосистем

Біосфера під антропогенним впливом трансформувалась зі стану, в якому відбувається контроль природних механізмів, у стан, функціонування у якому відбувається під значним впливом факторів антропогенної природи [249]. Гірничодобувна промисловість спричиняє значний негативний вплив на довкілля. Цей вплив проявляє себе у порушенні природних ландшафтів. Значні території покривають промислові відвали, на яких відсутній родючий шар ґрунту [101]. Видобування корисних копалин відкритим способом призвело до утворення великих площ порушених земель [18, 24]. В. В. Докучаєв [17] відкрив, що ґрунт є природно-історичним тілом, та встановив фактори, під впливом яких відбувається генезис ґрунтів. М. С. Гіляров [116] показав, що ґрунт є специфічним середовищем існування живих організмів. С. В. Зонн та А. П. Травлєєв [263] стали творцями нового наукового напрямку в науці – «техногенне ґрунтознавство». Цей напрямок вирішує проблему створення штучних ґрунтів на територіях, які зазнали корінних трансформацій чи впливу шкідливого забруднення [53]. Під рекультивацією земель розуміють комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності та економічної цінності земель, а також покращення умов довкілля [29, 54]. Техногенні території, що утворились при винесенні на денну поверхню гірських порід, є якісно новими едафотехнічними компонентами екосистем зі специфічним складом і властивостями та взаємодією з навколишнім середовищем [120, 212]. Дослідженнями рекультивації земель, які виконані в Україні М. О.

Бекаревичем [5, 6], А. П. Травлєєвим [53], М. Т. Масюком [35, 36], Л. В. Єстеревською [18], П. В. Волохом [11, 12], М. К. Шикулою [61], І. П. Чабаном [58], І. Х. Узбеком [56, 57], В. М. Звірковським [24, 25], В. О. Забалуєвим [23], М. М. Харитоновим [145] показано, що наукове обґрунтування параметрів антропогенних ґрунтоподібних тіл є найважливішою умовою ефективного відновлення екосистемних сервісів техногенних ґрунтів. У зв'язку з цим важливого значення набуває вивчення фізичних, хімічних і біологічних властивостей, винесених на поверхню гірських порід, в яких формується едафотоп, що рекультивується [5, 6, 235]. Актуальною проблемою залишається екологічний моніторинг стану ґрунтового покриву в процесі рекультивації [64]. У цьому контексті оцінка стану біоти техноземів є важливою та не вирішеною проблемою [249].

За Л. В. Єстеревською [18] розрізняють три послідовні етапи рекультивації: перший, проектно-дослідницький, або попередній, на якому вивчаються можливості та передумови здійснення рекультивації, визначається її напрямок і створюється проект усього комплексу робіт; другий, або гірничотехнічний, на якому здійснюється увесь комплекс гірничотехнічних робіт, передбачених проектом; третій, або заключний етап при сільськогосподарській і лісгосподарській рекультивації називають ще біологічним. На цьому етапі формують фітоценоз згідно проекту і об'єкт рекультивації освоюється згідно з обраним напрямком [101]. На стабілізаційному біологічному етапі рекультивації необхідно інтенсифікувати фізичні процеси, що відбуваються у ґрунті. Знання цих процесів дозволить визначити найбільш раціональний для даних умов напрям рекультивації земель [161, 236].

Відповідно до ГОСТ 17.5.1.01 – 84 рекультивація порушених земель здійснюється у два послідовних етапи: технічний та біологічний [101]. На технічному етапі рекультивації здійснюється інженерна підготовка території та проводиться формування елементарного техногенного ландшафту. В результаті чого забезпечується можливість відновлення родючості

порушених земель. Основною метою проведення гірничотехнічного етапу є створення на порушених землях підстилаючого шару із розкривних гірських порід належної потужності та якості і нанесення на його поверхню шару чорнозему або потенційно родючої розкривної породи [90]. У свою чергу безпосереднє відновлення родючості порушених земель відбувається на біологічному етапі сільськогосподарської рекультивації, який включає комплекс агротехнічних і фітомеліоративних заходів [1, 2]. Насипні ґрунтові конструкції відносять до техноземів гумусоаккумулятивних [13]. Техноземи, які сформовані в процесі рекультивації, значно відрізняються від природних ґрунтів за екологічними властивостями, за рівнем родючості, фізичними, водно-фізичними та іншими екологічно важливими показниками [27, 37–46]. У процесі рекультивації цілеспрямовано конструюються ґрунтоподібні тіла, або техноземи [18]. Особливість техноземів полягає у тому, що насипні шари в них, на відміну від природних ґрунтів, генетично не пов'язані один з одним [14]. Техноземи не мають системи генетичних горизонтів, але мають більшість екологічних функцій, притаманних природним ґрунтам [5, 6, 16].

Неоднорідність техноземів і складний характер динаміки ґрунотворного процесу привели до високої різноманітності екологічних умов на ділянці рекультивації. Формування мозаїчного ґрунтового покриття виникло в результаті особливостей закладки експериментальної ділянки, на технічному етапі рекультивації, і багаторічної сільськогосподарської рекультивації порушених земель [12, 153]. Оцінка якості ґрунту вимагає кількісних даних по кожній індикаторній властивості, яка пов'язана з ґрунтовою якістю, та інформації про просторову варіабельність цих індикаторних властивостей [232].

Ґрунт як твердофазна система є субстратом для рослин і тварин [2–4, 245–255]. Але ґрунт є не тільки фізичним середовищем існування для живих організмів. Ґрунт володіє резервом елементів живлення, які поступово, при руйнуванні мінеральної речовини, поповнюють доступні форми. Таким чином підтримуються умови для живлення рослин [8]. У процесі

грунтоутворення материнські породи поступово набувають сприятливих для живих організмів властивостей. В них накопичуються необхідні елементи живлення та енергія, яка акумульована при фотосинтезі. Ґрунти здійснюють різноманітні екосистемні функції [32–34].

1.2. Антропогенні оселища та їх екологічні режими

Видобуток корисних копалин відкритим способом призводить до повного руйнування усіх компонентів біогеоценозу: едафотопу, фіто-, зоо- та мікробоценозу [5, 6]. Концепція екологічного біорізноманіття лежить в основі методу зоологічної діагностики ґрунтів [118]. Екоморфічний аналіз О. Л. Бельгарда [78] є теоретичною основою оцінки екологічного різноманіття тваринного населення та рослинного покриву. Характерною особливістю рекультоземів є значна горизонтальна варіабельність властивостей та екологічних режимів. Просторова мінливість властивостей штучних ґрунтоподібних конструкцій призводить до строкатості екологічних умов для функціонування мікробо-, фіто- і зооценозу в техноземах [14]. Нерівномірність просторового розподілу ґрунтових тварин – одна з найважливіших характеристик їх реакції на фактори навколишнього середовища [201]. Оцінку зміни ґрунтових умов під техногенним впливом можна здійснити за допомогою дослідження угруповань ґрунтових тварин [148]. Ґрунтові безхребетні відіграють важливу роль у функціонуванні екосистем [26]. Ґрунтове населення володіє високою стабільністю навіть у сильно трансформованих людиною екосистемах, де ґрунтова фауна іноді залишається останньою групою, за якою можна оцінити ступінь антропогенного впливу на біоту [148]. Ґрунтові та герпетобіонтні тварини через специфіку їх середовища існування є екологічним комплексом, який може зазнавати дії значних прямих або опосередкованих антропогенних впливів [15]. Зміни умов середовища існування безпосередньо відбиваються та ґрунтовій біоті, що дозволяє використовувати як комплекс ґрунтової

мезофауни у цілому, так і окремі таксономічні групи у якості надійних індикаторів стану природних угруповань [118, 148].

Застосування екоморф ґрунтових безхребетних для індикації едафотопів обґрунтоване О. Л. Бельгардом і А. П. Травлєєвим [7]. Ґрунтові тварини безпосередньо приймають участь у ґрунтоутворенні, на чому базується їх діагностичне значення [15]. Роль тварин в ґрунтоутворенні пов'язана з процесами розкладання, мінералізації і гуміфікації органічної речовини і з механічним впливом на ґрунт [252]. Спектри екоморф дають можливість провести зоодіагностику екологічних режимів природних і техногенно-трансформованих біогеоценозів [67, 73, 246, 250].

На початку біологічного освоєння техноземи характеризуються несприятливими едафічними властивостями. У процесі біологічного етапу рекультивації більшість лімітуючих факторів (поживний режим, засолення, фізичні властивості) зменшують свій обмежувальний вплив [23, 244]. Динаміка процесу ґрунтоутворення в техногенних ландшафтах діагностується за водно-фізичними та фізичними властивостями техноземів [161]. Ці властивості залежать від генезису, мінералогічного складу порід та хімічних процесів, що в них відбуваються, а також від технологічних операцій як на технічному, так і на біологічному етапах рекультивації [254].

У процесі перетравлення рослинних решток у кишківнику мезопедобіонтів відбувається їх часткова мінералізація, а під впливом перетравлення у деяких представників ґрунтового зооценозу – і часткова гуміфікація. У цьому зв'язку слід відзначити, що однією зі складових ґрунтового гумусу є копролити або екскременти ґрунтових тварин [47, 52]. Сапрофаги разом з рослинними рештками заковтують мінеральні частки ґрунту, які сприяють механічному подрібненню рослинних тканин у кишечнику. Мінеральні частинки перемішуються з органікою, органічні фрагменти спресовуються і склеюються разом з мінеральними частинками виділеннями кишечника, створюючи різного розміру структурні окремість, які потрапляють в ґрунт у вигляді копролитів. Внаслідок вертикальних

міграцій ґрунтових тварини відбувається форе́зія рослинних решток з поверхні ґрунту в його більш глибокі горизонти. Пересування тварин сприяє покращенню режиму аерації ґрунту, що сприяє аеробному розкладанню органіки [9, 10, 136, 137, 148].

Ґрунтові мезопедобіонти – значна за біомасою та чисельністю група наземних тварин. Для мезопедобіонтів характерне високе видове різноманіття. Вплив ґрунтових тварин та ґрунту є взаємним [118]. Ґрунтові безхребетні надають перевагу верхнім акумулятивним горизонтам ґрунту. Видовий склад угруповань мезопедобіонтів змінюється як у процесі природного сукцесійного розвитку екосистеми, так і під антропогенним впливом [50, 183]. Тому на різних стадіях природних і антропогенних сукцесій формуються особливі комплекси ґрунтових безхребетних [48].

Біологічне різноманіття – один із параметрів еволюційного процесу, на якому ґрунтуються механізми стійкості життя на усіх ієрархічних рівнях. Кругообіг речовин та біологічне різноманіття пов'язані [60]. Виявлення закономірностей динаміки видового різноманіття під впливом екологічних факторів має важливе теоретичне та практичне значення [70]. Особливо важливе виявлення механізмів, які сприяють збереженню екологічного різноманіття та формують біогеоценотичні зв'язки, які обумовлюють динаміку біологічної продуктивності в екосистемах [86]. Різноманіття має найважливіше значення для стійкості та еволюції біогеоценозів [116–118]. Застосування зоологічного методу надає можливості для діагностики ґрунту і моніторингу ґрунтових режимів [62]. Теоретичною основою застосування зоологічних методів діагностики ґрунтів є положення М. С. Гілярова [116] про «екологічний стандарт» виду.

1.3. Факторний аналіз екологічної ніші

Фактори довкілля, які впливають на розподіл видів, зазвичай просторово структуровані, тому угруповання мають також просторову

структуру [113, 107, 226]. Значна частина досліджень, присвячена вибору наземними молюсками місцеперебувань, ґрунтується на порівнянні угруповань молюсків з географічно різних точок відбору проб, які відрізняються рослинним покривом, типом ґрунтів, рівнем вологості [165, 181, 186, 237]. Важливою умовою вивчення екологічного простору є збір множинних даних про його властивості. Нерівномірність розподілу особин пояснюється варіабельністю характеристик середовища, структурною і функціональною строкатістю [85, 177]. З едафічних факторів, які впливають на молюсків, найбільш істотними є вміст у ґрунті кальцію, рН і механічний склад [195], а також вміст обмінних катіонів і алюмінію [196]. Важливу роль відіграє вологість ґрунтів [187], однак, П. Ондина та співавт. [195] відзначають обмеженість даних по ролі вологості ґрунту в даний момент часу з приводу істотної мінливості цього показника. Для розв'язання цієї проблеми адекватним є застосування даних фітоіндикації для оцінки аутоекологічних особливостей молюсків і структури їх угруповань [110, 132]. Для опису переважання місцеперебувань молюском *Vertigo geyeri* Lindholm, 1925 у межах Польщі та Словаччини успішно були застосовані фітоіндикаційні шкали Елленберга [209].

Ґрунтовий покрив є безперервним утворенням з розвинутою вертикальною і вздовж поверхневою неоднорідністю [49]. Просторова неоднорідність – найважливіша властивість ґрунту, яка проявляється на різних масштабних рівнях організації педосфери [39]. Дослідження на великомасштабному рівні дозволили встановити роль у просторовому розміщенні, чисельності та різноманітті угруповань молюсків едафічних факторів [142, 188, 222]. Особливу увагу викликає проблема просторового масштабу та ієрархії діючих на молюсків факторів [188].

Оселище характеризується наявністю на деякій території ресурсів і умов для даного виду, в результаті чого стає можливою заселеність цієї території, включаючи його виживання й розмноження [122]. Мета вивчення вибору місцеперебувань видами полягає у виявленні характеристик

навколишнього середовища, які роблять місце придатним для існування виду [89]. Відмінність між місцем життя і не місцем життя є очевидною після порівняння властивостей середовища існування ділянок де вид було знайдено з ділянками, на яких вид відсутній [101]. Однак як це не парадоксально, але ділянки, де вид відсутній, встановити досить складно. Вид на даній ділянці може бути невстановлений через ряд причин. Це недосконалість методики обліку або він може бути відсутнім з історичних причин. Слід відзначити, що не тільки властивості навколишнього середовища можуть визначати місце існування [243].

Екологічна ніша є корисною моделлю для опису вибору місцеперебувань видом. За Дж. Хатчинсоном [133, 134] під фундаментальною екологічною нішею розуміється весь набір умов, при яких вид може успішно існувати і розмножуватися, а під реалізованою екологічною нішею розуміється положення виду в конкретному угрупованні, де його обмежують складні біоценотичні відносини. Фундаментальна екологічна ніша характеризує потенційні можливості виду, а реалізована – ту її частину, яка може здійснитися в даних умовах при даній доступності ресурсу. Хатчинсон [133, 134] визначає екологічну нішу як гіперобсяг у багатомірному просторі, обумовленому змінами навколишнього середовища, де вид потенційно може підтримувати життєздатність популяції. Методично екологічна ніша може бути досліджена засобами загального факторного аналізу системи екологічна ніша-середовище (*general Niche-environment system factor analysis* – GNESFA) [88]. У основі факторного аналізу екологічних ніш лежить припущення про те, що види розподілені не випадково відносно екогеографічних змінних [128]. Певний вид може характеризуватися деякою маргінальністю (яка виражається у відмінності видового середнього від глобального середнього значення екогеографічної змінної) і деякою спеціалізацією (що проявляє себе в тому, що видова дисперсія менше глобальної дисперсії) [101].

GNESFA може бути реалізований у вигляді трьох версій – FANTER, ENFA і MADIFA [101]. Факторний аналіз екологічної ніші із середовищем у якості референтного розподілу (*Factor analysis of the niche, taking the environment as the reference* – FANTER) розглядає деформацію екологічної ніші щодо екологічного простору, який прийнятий як референтне, тобто осі цього простору приводять до такого стану, що екологічний простір має ідеальну сферичну форму. Напроти, сферична форма надається екологічній ніші в аналізі MADIFA (*Mahalanobis distances factor analysis*), а скривлення екологічного простору вказує на ступінь відмінності властивостей середовища від екологічного оптимуму виду. За результатами MADIFA може бути побудована найбільш коректна карта переваги місцеперебувань даним видом [88]. Можлива особлива точка зору, при якій два розподіли разом (екологічна ніша й екологічний простір) розглядаються як фокусне й референтне. Ця симетрична точка зору має перевагу поза вибором референтного розподілу. Цей особливий випадок є основою факторного аналізу екологічної ніші (*Ecological-niche factor analysis* – ENFA). В ENFA перша вісь повністю відповідає маргинальності, а наступні осі описують спеціалізацію виду. Інтеграція цих осей також надає можливості побудувати карту переваги місцеперебувань, але у відмінності від MADIFA, цей результат у рамках ENFA не є математично обґрунтованим [101].

Н. Карузо й співат. [94] відзначають, що незважаючи на переваги GNESFA, цей різновид аналізу мало представлений у науковій літературі. Навіть після публікації роботи [88] у ряді статей продовжують користуватися ENFA підходом не тільки як дослідницьким засобом, але й для побудови карт переваги місцеперебування [97, 115, 231]. Ряд авторів застосовують тільки MADIFA для опису розподілу видів [123, 127, 225]. Поряд з оригінальною роботою [88] у статті Н. Карузо й співавт. [94] для опису екологічної ніші пуми в південній Америці із застосуванням усіх технік GNESFA.

1.4. Підходи до оцінки стійкості угруповань тварин

Здатність екосистеми повертатися у стаціонарний стан після пертурбації розглядають як прояв її стійкості [171–173, 126, 200]. Це положення відповідає теорії стійкості Ляпунова, тому такі системи, які повертаються у рівноважний стан після виведення з нього, називаються *L*-стійкими [200]. Три компоненти структури угруповання визначають стійкість екологічних угруповань: різноманіття (видове багатство), склад видів та патерни взаємодії між видами [139]. Біорізноманіття та взаємодія між видами є ключовими регуляторами екосистемної стійкості та функціонування [159, 173, 176, 200]. Взаємозв'язок між різноманіттям та стабільністю угруповання є ключовим аргументом на користь збереження екологічного різноманіття [112, 228]. Роль різноманіття в стійкості угруповання тісно пов'язана з видовою композицією та патернами взаємодії між видами [130, 227, 230]. Склад видів є важливим, так як наявність конкретних видів в угрупованні може змінити те, як угруповання реагує на специфічні впливи середовища [114]. Патерни взаємодій між видами важливі, так як реакції окремих видів на пертурбації середовища залежать не тільки від прямого впливу пертурбацій на народжуваність та смертність, а також і від непрямих впливів на чисельність інших видів в угрупованні [129, 171, 197, 200]. Сила екологічних взаємодій відіграє суттєву роль у формуванні екологічної структури [197, 190]. Співвідношення трофічних та мутуалістичних взаємодій можуть впливати на стабільність природних угруповань [185].

Стійкість характеризує екосистему як ціле [158]. У реальних екосистемах популяції ніколи не можуть знаходитись у стаціонарному стані з приводу стохастичності флуктуацій довкілля [138]. Кількісна оцінка стабільності екосистем на основі повернення до рівноважного стану є звичайним підходом як у емпіричних так і теоретичних дослідженнях [68]. Пульсуюча пертурбація є прийнятною моделлю для багатьох природних порушень, таких як повені, лісові пожежі, спалахи захворювань та широко

застосована для дослідження експериментальних екосистем. Типовим є вивчення короткочасного повернення до рівноважного стану, так як існують практичні труднощі у збиранні довготривалих часових рядів даних [105, 131, 216, 242]. Багато з організаційних патернів екологічних угруповань які спостерігаються у природі, такі як закони масштабування види-зв'язність у трофічних ланцюгах, розподіли чисельності видів, комплексні флуктуації популяційної динаміки та співвідношення кількості видів/площа [214] можуть бути зрозумілі тільки завдяки тому, що популяції рухаються та взаємодіють у просторовому контексті [109, 230].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

2.1. Загальна характеристика досліджуваної території

Дослідження проводились протягом 2012–2014 років на ділянці рекультивації Нікопольського марганцеворудного басейну в м. Покров. Експериментальна ділянка по вивченню оптимальних режимів сільськогосподарської рекультивації була створена 1968–1970 рр. на зовнішньому відвалі Запорізького марганцеворудного кар'єру. На ділянці були створені штучні едафотопи двох типів [249]. Перший – на спланованій суміші розкритих порід з відсипанням на їх поверхню різних за потужністю шарів чорноземної маси. Другий представляв собою сплановані розкриті породи товщиною 2 м, що були винесені з різних глибин. Об'єктами дослідження були обрані дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах, сіро-зелених глинах, лесоподібних суглинках та педозем (рис. 2.1). Назви ґрунту наведені за Л. В. Єстеревською [18]. На даний час тип рослинності представлений бобово-злаковою сумішшю та різнотрав'ям. Дослідження проводились у біогеоценозах, які сформовані на штучних едафотобазах, які створені на спланованих вскришних породах товщиною 2 м, винесені з різної глибини. Експериментальний полігон був створений у період з 1968 по 1970 рр. [56]. Площа зовнішнього відвалу, яка підлягала рекультивації, спочатку була вирівняна екскаваторами і відсипана розкритими породами. Потім поверхня була спланована бульдозерами і скреперами з пристроєм ступінчатої основи в 30, 50 і 70 см [249]. Влітку 1969 р. після усадок, які відбулися в осінньо-зимовий період, було проведено повторне планування бульдозерами і скреперами. Такі багаторазові переміщення гірської маси призвели до утворення у верхній частині підстилаючих порід багаточисельних сумішей з переважанням в їх складі однієї або декількох розкритих гірських порід. Восени 1969 р. на ділянках була відсипана

грунтова маса трьома послідовно наростаючими пластами: 30, 50 і 70 см, а потім старанно вирівняна [23, 244].

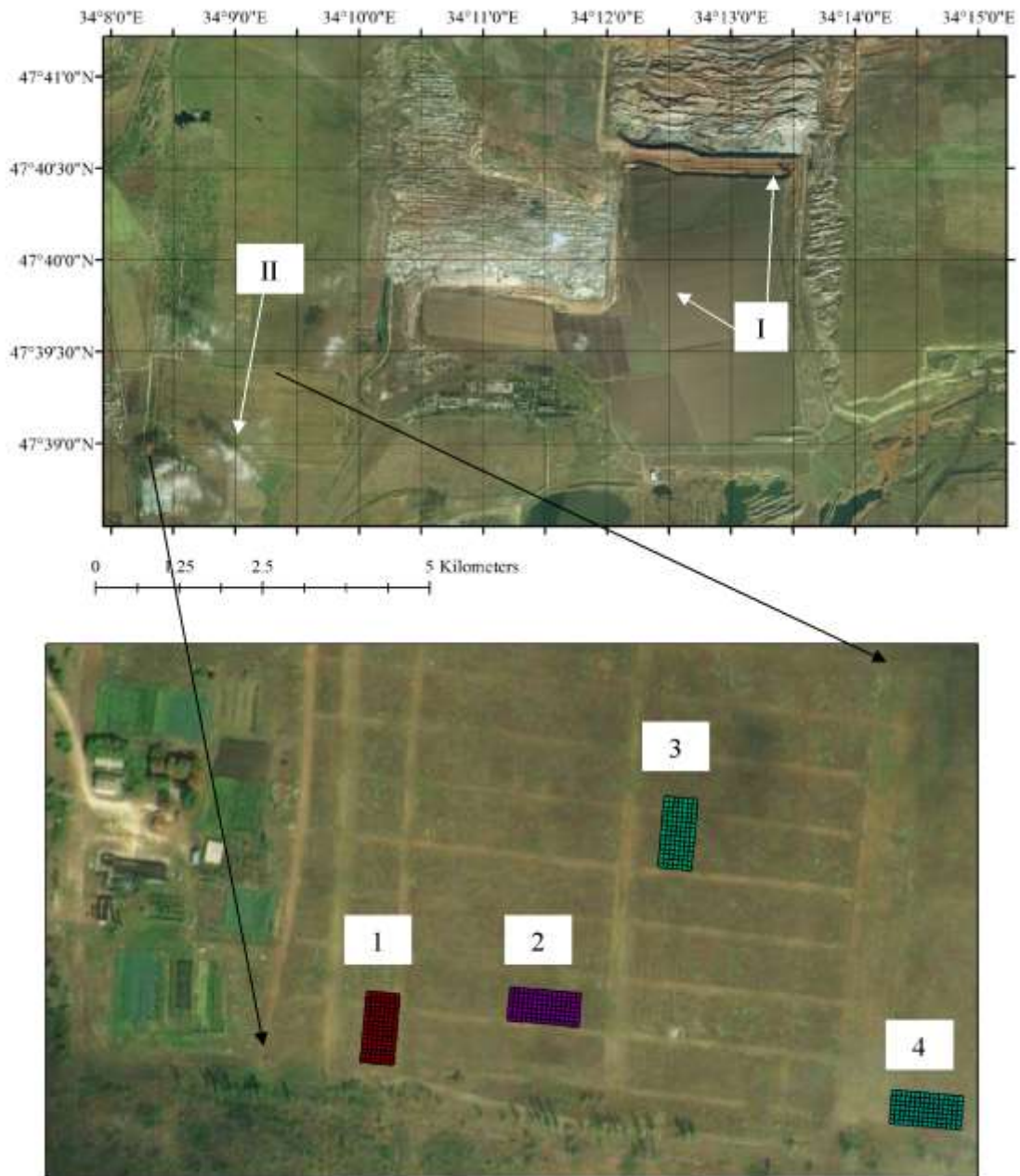


Рис. 2.1. Розміщення дослідних полігонів у межах Нікопольського марганцеворудного басейну.

Умовні позначки: I. – Запорізький кар’єр з видобутку марганцевої руди; II. – дослідне поле з різними варіантами техноземів: 1. – дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку; 2. – дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині; 3. – дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині; 4. – педозем.

Навесні 1970 р. було повторно зроблене планування відсипаної ґрунтової маси і остаточно визначилося варіювання її потужності. У

результаті обстеження експериментальної ділянки виявилось, що потужність ґрунтової маси коливається від 20 до 60 см. На ділянці з нормованим прошарком у 30 см після двох планувань потужність насипного прошарку становила від 20 до 40 см, на 50 см – відповідно від 40 до 60 см і у шарі 70 см – від 60 до 80 см [35]. Крім того, частина площі залишена без насипного пласту ґрунтової маси, поверхня якої була відсипана лесоподібними суглинками, червоно-бурими і сіро-зеленими глинами. Створення цих полів закінчилося в 1972 році. Породи відбиралися з надрудної товщі Запорізького марганцеворудного кар'єру і завозились автотранспортом на створювані дослідні поля. Оскільки в товщі лесоподібних суглинків глибше 4–5 метрів зустрічаються різною мірою засолені пласти, то ці породи відбиралися, головним чином, з верхніх незасолених або слабозасолених ярусів з глибини 1–5 метрів від поверхні. Червоно-бурі глини відбиралися з глибини 7–12 метрів, сіро-зелені глини з глибини 12–47 м від поверхні. Відсипання порід проводилося на заздалегідь сплановану поверхню відвалів, які складалися з технічної суміші різноманітних пухких гірських порід, які входять до складу надрудної товщі. Товщина привезених і відсипаних автотранспортом порід становила до 1,5–2 метрів [51].

2.2. Облік тварин та оцінка екологічних властивостей у межах полігонів

У межах кожного типу техноземів був розміщений дослідний полігон, який являє собою регулярну сітку, що складається з сайтів відбору проб розміром $0,5 \times 0,5$ м, відстань між якими становить 3 м і складається з 7 трансект по 15 проб (рис. 2.2). Відповідно його розміри становлять 18×42 м.

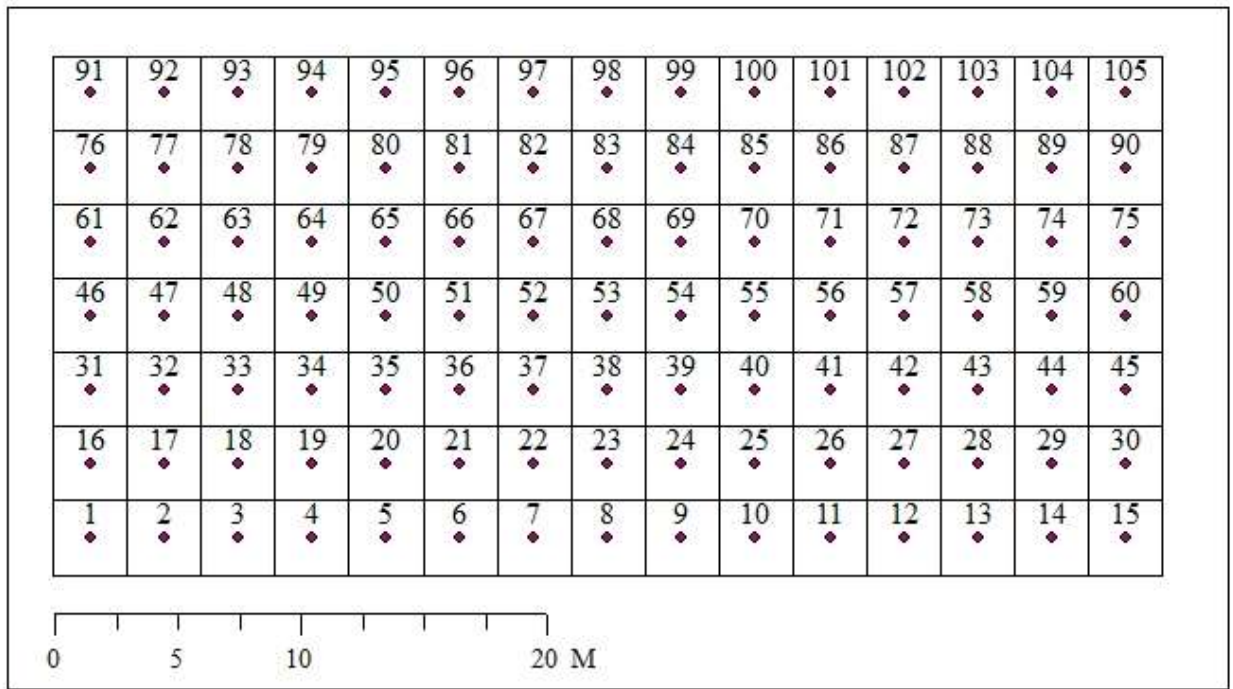


Рис. 2.2. Схема розміщення точок відбору проб (точки 1–105) та пробних ділянок квадратної форми розміром 3×3 м, де виконувались геоботанічні описи рослинності.

Для якісного обліку наземних молюсків, метою якого є складання максимально повних списків видів для певних територій або у певних типах оселищ для дослідження біотопічного розподілу наземних равликів, доцільно оглядати передусім місця підвищеної концентрації цих тварин [121, 243]. Кожний сайт у межах досліджених полігонів було обстежено тричі на рік: навесні (початок травня), влітку (кінець червня) та восени (наприкінці вересня – на початку жовтня) [155]. Перші весняні збори зорієнтовані переважно на добре помітні у цей період порожні черепашки, наступні – на вивчення живих молюсків [72]. Види, які регулярно підіймаються на трав'яні рослини, збирали зранку до висихання роси. Як показав досвід, сприятливою для обліків молюсків є дощова погода, коли багато молюсків виповзає на поверхню ґрунту та стебла рослин, де їх значно легше помітити та зібрати. У суху погоду для пошуків молюсків особливу увагу приділяли різноманітним укриттям (камінням, обломкам гіських порід, великим рослинним залишкам,

скупченням органіки у мікропониззях). Молюсків збирали руками. Переважна більшість молюсків знаходились у верхньому його шарі.

2.3. Методи вимірювання едафічних властивостей

Для вимірювання твердості був використаний ручний пенетрометр Eijkelkamp. Це портативний пристрій, що складається зі стрижня 1 м завдовжки з відмітками кожні 5 см і Т-подібною ручкою для ручного застосування сили на стрижень. Основною робочою частиною приладу є плунжер, нагвинчений на нижній кінець штока, який за допомогою рукоятки крізь пружину заштовхується в досліджений ґрунт. При цьому пружина, що вимірює, стискається пропорційно величині опору деформації ґрунту. Дані спостерігаються безпосередньо і реєструються вручну. Середня похибка результатів вимірювань приладу становить $\pm 8 \%$. У нашому дослідженні вимірювання твердості ґрунту зроблені конусом поперечного перерізу 2 см^2 у кожному осередку полігону.

Вимірювання електричної провідності ґрунту (*apparent soil electrical conductivity* – ECa) за допомогою сенсора HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, RI) показали свою значну результативність у проведенні ґрунтового-екологічних досліджень [249]. Цей сенсор представляє собою стальний амперметричний зонд, який може бути уведений безпосередньо у ґрунт. Він працює разом із портативним приладом HI 993310. Тестер швидко і точно оцінює загальну електропровідність ґрунту, тобто об'єднану провідність ґрунтового повітря, ґрунтової вологи та часток твердої фази ґрунту. Результати вимірювань приладу представлені в одиницях насиченості ґрунтового розчину солями – г/л. Однак слід відзначити, що немає однозначного зв'язку між насиченістю ґрунтового розчину солями й електропровідністю. Коефіцієнт переводу одиниць електропровідності (дСм/м – дециСіменс на метр) у одиниці солоності (мг/л) варіює від $1 \text{ дСм/м} = 640 \text{ мг/л}$ до $1 \text{ дСм/м} = 700 \text{ мг/л}$, що залежить від якісного складу

розчинних солей. Порівняння результатів вимірювань приладом НІ 76305 із даними лабораторних досліджень дали змогу оцінити коефіцієнт переведення одиниць: $1 \text{ дСм/м} = 155 \text{ мг/л}$ [199, 211].

При фітоіндикаційному оцінюванні шкали наведено за Я.П. Дідухом [104]. До едафічних фітоіндикаційних шкал належать 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 належать показники терморезиму (Tm), омброрезиму (Om), кріорезиму (Cr) і континентальності клімату (Kn). Крім зазначених, виділяється ще шкала освітлення (Lc), яку характеризують як мікрокліматичну шкалу. Теплові властивості ґрунтів індикуються шкалою терморезиму, а гідротермічні – шкалою омброрезиму.

2.4. Методи геостатистики

Важливим інструментом геостатистики є крігінг. Під крігінгом розуміється лінійний предиктор за методом найменших квадратів. Варіограма є ключовим поняттям у геостатистиці [182]. Знання точної математичної форми варіограми дає можливість кількісного опису просторової варіації [175], а також прогонзування ґрунтових властивостей на локальному або регіональному рівнях [182, 253].

Варіограми звичайно розраховуються за просторовими даними за допомогою методу моментів і наступною підгонкою до теоретичної моделі емпіричної варіограми з використанням нелінійного методу найменших квадратів [238]. Однак, метод моментів може давати помилкові результати, а звичайно застосовувані моделі варіограм (сферична, експонентна або гуассова) відрізняються недоліком недостатньої їх гнучкості [215]. Звичайні моделі припускають певну форму локальної поведінки просторової поведінки. Інакше кажучи, на варіограму накладається визначене уявлення про локальну поведінку [182]. Як альтернатива може розглядатися клас

моделей варіограм Матерна [169]. Моделі Матерна мають значну гнучкість для моделювання просторової коваріації та здатні описати широку різноманітність локальних просторових процесів. На підставі цього, моделі Матерна запропоновано використовувати як загальний підхід для моделювання ґрунтових властивостей [182].

Ізотропна коваріаційна функція Матерна має вигляд [124, 215]:

$$F = \frac{1}{2^{\nu-1}\Gamma(\nu)} \left(\frac{h}{r}\right)^{\nu} K_{\nu} \left(\frac{h}{r}\right),$$

де h – дистанція розділення; K_{ν} – модифікована функція Бесселя другого типу порядку [63], Γ – гама функція, r – радіус впливу або параметр дистанції ($r > 0$), який вимірює як швидко кореляція загасає з дистанцією; ν – параметр згладжування.

Модель Матерна характеризується високою гнучкістю порівняно зі стандартними геостатистичними моделями через наявність параметра згладжування ν . Коли параметр ν малий ($\nu \rightarrow 0$) модель припускає шорсткуватий просторовий процес, якщо параметр ν великий ($\nu \rightarrow \infty$), то передбачається згладжений просторовий процес [182]. При параметрі $\nu = 0,5$ модель Матерна повністю відповідає експонентній моделі. При $\nu \rightarrow \infty$ модель Матерна відповідає Гауссовій моделі. Якщо $\nu = 1$ то це відповідає функції Уайтла [182, 238, 240]. Якщо радіус впливу r великий ($r \rightarrow \infty$), то просторовий процес апроксимується ступеневою функцією, або лог-функцією, та функцією Вейса у випадку $\nu \rightarrow 0$ [100]. Таким чином, модель Матерна може розглядатися як генералізація ряду теоретичних моделей варіограм [182]. Обчислення виконані за допомогою бібліотеки *geog* [198].

Оцінка ступеня просторової залежності змінних проведена за допомогою показника *SDL* (*spatial dependence level*), або просторового відношення:

$$SDL = (100 * C_0 / (C_0 + C_1))$$

Показники C_0 – наггет-ефект, C_1 – частковий поріг (отриманий на основі моделювання варіограмм просторової мінливості твердості ґрунту) [157, 238].

2.5. Методи оцінки стійкості угруповання молюсків

Динамічну поведінку популяції можна охарактеризувати за допомогою швидкості зміни чисельності, яка може бути встановлена через чисельне диференціювання ряду чисельностей популяції:

$$\frac{\Delta x_{i,j}}{\Delta t} = x_{i+1,j} - x_{i,j},$$

де x_i та x_{i+1} чисельність j -ї популяції в моменти часу i та $i+1$ відповідно. Часовий лаг i складає час між обліками весна–літо та літо–осінь.

Для дослідження динаміки угруповання на предмет стійкості за Ляпуновим необхідні наступні етапи [221]. По-перше, динаміка угруповання повинна бути описана в термінах диференціальних рівнянь. По-друге, на підставі системи диференціальних рівнянь будується динамічна матриця угруповання (одна або декілька, залежно від кількості стаціонарних станів). Динамічна матриця угруповання складається з коефіцієнтів часткових похідних, тому цей екологічний термін в термінах класичної математики зветься Якобіаном. Потім на основі отриманих матриць обчислюються критерії стійкості угруповання, на підставі яких робиться висновок про характер його стійкості [257].

За основу опису динаміки угруповання взяті каскадні рівняння Лотки–Вольтерра, що у загальному мають вигляд [95]:

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i * (r_i + f(\frac{x_i}{K}, \dots, x_j)),$$

де dx_i/dt – швидкість зміни популяції; x_i – щільність популяції; r_i – максимальна швидкість росту; K – гранична щільність популяції, вище якої швидкість росту стає негативною; f – функціональна залежність кількісних змін показників популяції від щільності популяцій, що входять до складу

угруповання. Характер математичної форми f може відбивати екологічну специфіку взаємодії, звідки й виникають різновиди рівняння Лотки-Вольтерра. У формі f можна врахувати конкуренцію, хижацтво, мутуалізм т. ін. [95].

Для описання динаміки реального угруповання крім якісної відповідності математичної форми специфіки взаємодії, як важливого критерія, включається вимога оптимальності моделі. Критерій оптимальності має на увазі деяке співвідношення між точністю опису реальних даних, кількістю змінних у моделі та складністю їх взаємозв'язку. Інакше, зі збільшенням кількості предикторів і складності взаємозв'язку можна одержати добрий формальний опис явища, але таке рішення буде складно інтерпретувати якісно [257].

Для опису кількісної динаміки структури угруповання молюсків застосовані каскадні моделі Лотки–Вольтерра [95]:

$$\frac{dN_1}{dt} = a_0 + a_1 N_1 + a_2 N_2 + a_3 N_3 + a_4 N_1^2 + a_5 N_2^2 + a_6 N_3^2 + a_7 N_1 N_2 + a_8 N_1 N_3 + a_9 N_2 N_3,$$

де N_1, N_2, N_3 – чисельність видів; $a_0, \dots, a_9$ – регресійні коефіцієнти.

Модель передбачає оцінку лінійних впливів чисельності видів угруповання (логарифмовані чисельності видів N_1, N_2, N_3) на швидкість зміни чисельності досліджуваного виду ($\frac{dN_1}{dt}$), а також нелінійних впливів (коефіцієнти a_4, a_5, a_6) та взаємодії впливів видів (коефіцієнти a_7, a_8, a_9).

Система рівнянь другого ступеня має два рішення, які відповідають стаціонарним станам динамічної системи. В околицях цих станів система може бути ліанерізована і таким чином представлена у вигляді Якобіану (умовно позначається як A), власне число якого вказує на стійкість (негативне значення) або нестійкість (позитивне значення) стаціонарного стану [221]. Стійкість може бути оцінена як:

$$Resilience = -1 \lambda_1 (A),$$

де A – Якобіан, λ_1 – найбільше власне число матриці.

Швидкість відхилення системи від стаціонарного стану внаслідок впливу характеризується таким поняттям, як реактивність. Вона може бути обчислена в такий спосіб [189]:

$$Reactivity = \lambda_1 ((A + A^T) / 2),$$

де A – Якобіан, λ_1 – найбільше власне число матриці.

Якщо $\lambda_1(A) < 0$, а $\lambda_1((A+A^T)/2) > 0$, то система є стійкою, але реактивною. Тому пертурбації, не настільки важливі, якими малими за розмірами вони є, перш ніж затихнути, будуть збільшуватися [221].

Реактивність є мірою поведінки системи при $t \rightarrow 0$ і доповнює еластичність, що є мірою поведінки системи при $t \rightarrow \infty$. Якщо система є реактивною, то після виведення з рівноважного стану величина відхилення буде збільшуватися. Це відхилення характеризується максимальною величиною і часом його досягнення. Еластичність і реактивність є мірами, які визначають амплітуду відхилення системи в неврівноваженому стані. Еластичність чисельно збігається з нахилом траєкторії системи при прагненні часу до нескінченності. Реактивність чисельно збігається з нахилом траєкторії поведінки системи при прагненні часу до нуля [189, 221, 257].

РОЗДІЛ 3

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ЕКОГЕОГРАФІЧНИХ ПРЕДИКТОРІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НІШІ НАЗЕМНИХ МОЛЮСКІВ ТЕХНОЗЕМІВ

3.1. Фізіономічні типи рослинності та їх ідентифікація за допомогою дешифрування цифрових знімків

У оцінці структури та функцій екосистем особливу роль приділяється рослинному покриву [77, 78]. Проективне покриття є досить простим і інформативним показником стану рослинності [81, 96, 234]. Проективне покриття – величина горизонтальної проекції надземних органів рослин [87]. Інші ключові екосистемні зміни, такі як наземна біомаса, біомаса листків, індекс листової поверхні (*leaf area index* – LAI) можуть бути вірогідно оцінені за допомогою проективного покриття [96]. Проективне покриття рослинністю ґрунту є важливим протиерозійним фактором [217]. Важливе значення має розробка методу точного визначення проективного покриття рослинності для попередження ерозії ґрунту [194]. Окомірне визначення проективного покриття є контекстно залежним і суб'єктивним [204], однак як і раніше широко застосовується в практиці [141]. Також розроблений метод точкової рамки [75, 81, 147]. Цей метод вважається об'єктивним і рекомендований як стандартний протокол [75, 236], однак дуже витратний за часом – звичайно потрібно 2–3 години для вимірів у межах однієї ділянки [96]. У ряді досліджень розглянута можливість вимірювання проективного покриття рослинного покриву по цифрових світлинах [84, 156, 160, 207]. У роботі О. К. Балалаєва та О. А. Скрипника [71] запропонований алгоритм обробки цифрових зображень поверхні з рослинним покривом для оцінки проективного покриття. У цьому алгоритмі, як і багатьох інших [156], проводиться розрізнення рослинного покриву від ґрунту без диференціації функціональних або колірних різновидів у межах рослинності. Необхідно відзначити, що тварини-фітофаги розрізняють при поїданні вегетативні типи,

які можуть включати функціональні групи або групи видів рослин [147]. У ряді досліджень було оцінено проективне покриття вегетативних категорій із задовільною точністю розрізнення [82, 83, 156].

Нами розроблений алгоритм ідентифікації фізіономічних типів рослинності за допомогою дешифрування цифрових знімків трав'яного та мертвого покриву і поверхні ґрунту з подальшою кількісною оцінкою їх проективного покриття. Збір матеріалу проводився на ділянці рекультивації Нікопольського марганцеворудного басейну в м. Покров (раніше – м. Орджонікідзе). У якості об'єктів дослідження були обрані наступні техноземи: педоземи, дерново-літогенні ґрунти на лесоподібних суглинках, на червоно-бурих глинах і на сіро-зелених глинах. Експериментальний полігон у межах кожного типу техноземів являє собою регулярну сітку з розміром гнізд – 3 м і складається з 7 трансект по 15 проб. Відповідно їх розміри становлять 18×42 м. Знімки отримані за допомогою фотоапарата Canon A650 IS з роздільною здатністю 12,1 мегапікселів. Фотоапарат розміщався на висоті 1,5 м від поверхні землі. У результаті отримані знімки розміром 3264×2448 пікселів. У кожному квадраті розміром 3×3 м зроблені геоботанічні описи рослинності. Проективне покриття рослин було оцінено за допомогою окомірного методу зі шкалою 0, 10, 20, ..., 90, 100 %. Установлено, що рослинне угруповання на педоземах представлене 24 видами, на дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках – 29, на червоно-бурих глинах – 34 і на сіро-зелених глинах – 28 видами.

Маркування основних видів і груп видів рослин. Візуальний аналіз цифрових зображень поверхні досліджуваних ділянок дозволив виявити кілька типів образів (рис. 3.1). Насамперед, це відкрита поверхня ґрунту. Відмінність між усією поверхнею та відкритою ґрунтовою поверхнею відповідає проективному покриттю рослинності. За кольоровими характеристиками також можна виділити домінуючі рослинні види або рослинні асоціації. Результати розпізнавання окремих видів або груп видів ми називаємо фізіономічним типом.

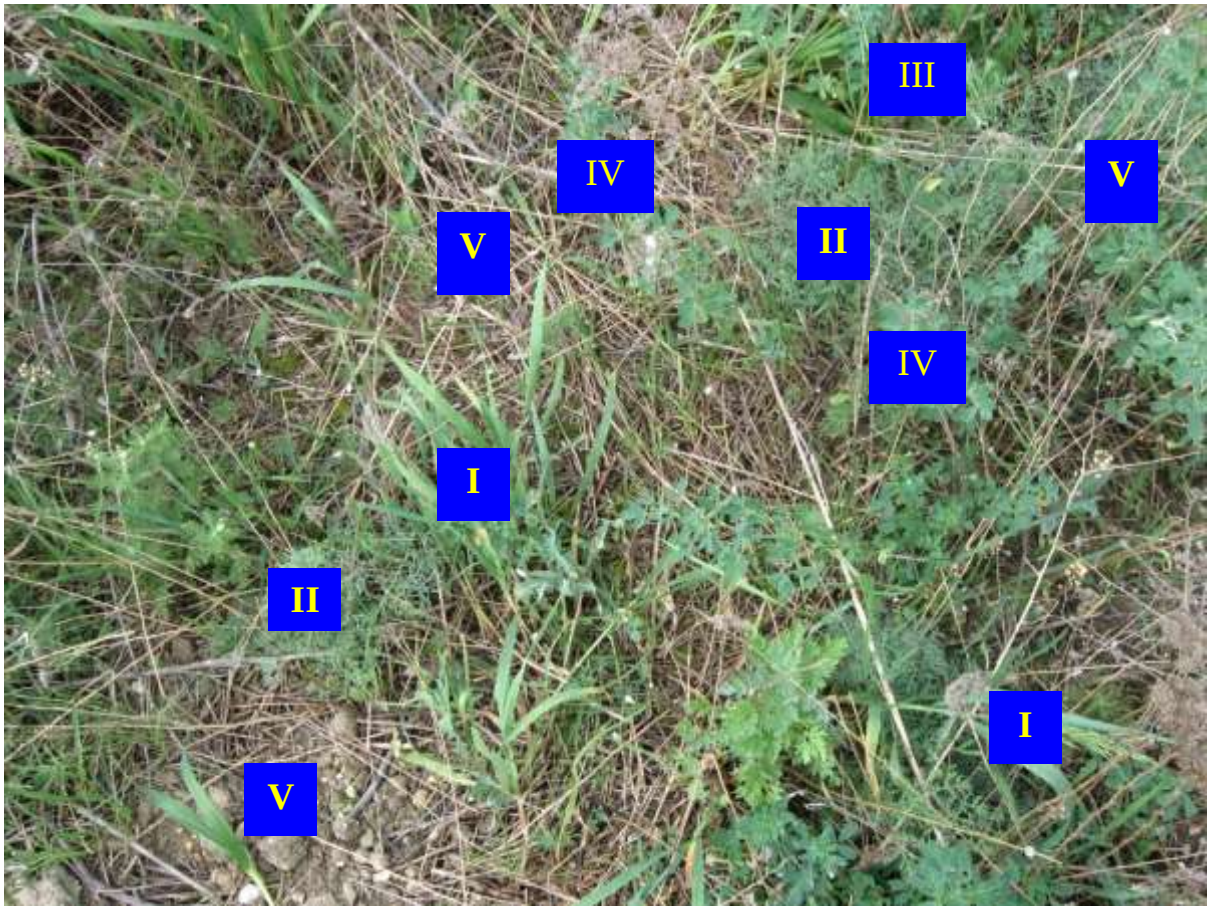


Рис. 3.1. Знімок поверхні технозему (знімок IMG_0204.JPG)

Умовні позначки: I. – злаки (*Bromus squarrosus* L., *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Elymus repens* (L.) Gould); II. – жабриця рівнинна (*Seseli campestre* Besser); III. – латук татарський (*Lactuca tatarica* (L.) C.A.Mey); IV. – люцерна посівна (*Medicago sativa* L.), еспарцет виколистий (*Onobrychis viciifolia* Scop.); V. – сухостій; VI. – поверхня ґрунту

Окремий тип образів, які добре ідентифікуються на знімках, представляє сухостій – мертві рослини, позбавлені зеленого кольору. Відмерлі рослини є фотосинтетично не активними, але несуть у собі значну кількість речовини та енергії. На знімках сухостій чітко виділяється за характерним світлим тоном зафарблення. Важливу групу в рослинному покриві становлять злаки. Переважними видами серед злаків є бромус розчепірений (*Bromus squarrosus* L.), житняк гребінчастий (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould). Функціонально та візуально ця група видів є досить однорідною, тому вони об'єднані в один фізіономічний тип. Значно за габітусом та специфічним відтінком зеленого кольору виділяються рослини жабриці рівнинної (*Seseli*

campestre Besser), які виділені у відособлений фізіономічний тип. Проективне покриття цього виду становить 12,27–14,40 % у різних типах техноземів. Латук татарський (*Lactuca tatarica* (L.) C.A.Mey) і латук компасний (*Lactuca serriola* L.) характеризуються колірною специфічністю та становлять 2,71–11,77 % проективного покриття в різних типах техноземів. Ці види виділені в один фізіономічний тип. Важливе функціональне значення мають бобові рослини, які в техноземах в основному представлені люцерною посівною (*Medicago sativa* L.) і еспарцетом виколистим (*Onobrychis viciifolia* Scop.). Проективне покриття бобових варіює від 3,74 до 21,76 %.

Подальша обробка зображення може здійснюватися двома способами: за допомогою безкоштовного програмного забезпечення за технологією I. Є. Норду та співавт. [191] або за допомогою комерційного програмного продукту Arcgis 10.0. Безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом доступу (Free and Open Source Software – FOSS) *Imagej* дозволяє за допомогою макросу *Colorsaver* на модельному знімку відзначити пікселі, що відповідають візуально виділеним образам, при цьому фіксуються значення кольору в *RGB*-форматі (рис. 3.2). Ці значення використовуються в дискримінантному аналізі для розпізнавання образів за їх кольоровими властивостями. Недоліком процедури є відсутність фіксації місця розташування відзначених контрольних точок. Цього недоліку позбавлена аналогічна процедура в програмі ArcMap 10.0 (рис. 3.3). Для проведення процедури екстракції *RGB*-значень для кожного типу технозему відбирався знімок поверхні, який містив усі шість фізіономічних типів. Якщо такого знімка підібрати не вдавалося, тоді проводився відбір двох знімків для окремого типу технозему. Усього зроблена екстракція значень в 4210 пікселях.

Сегментація знімків. Дискримінантний аналіз належить до групи класифікаційних статистичних процедур з навчанням. Кольорові характеристики об'єктів дозволяють класифікувати їх досить точно (табл. 3.1).

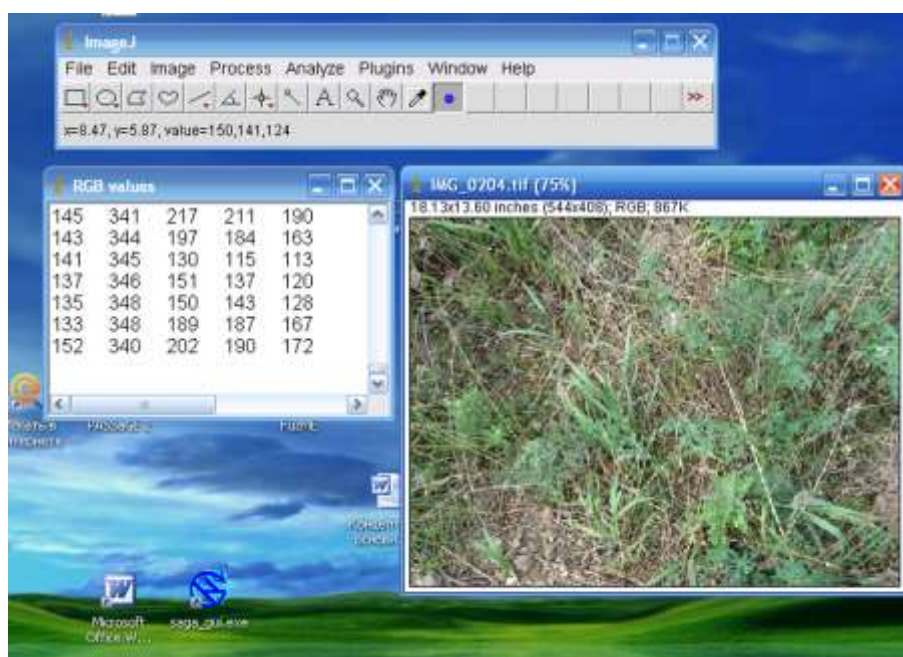


Рис. 3.2. Вибір і фіксація колірних характеристик візуальних образів в *RGB*-форматі за допомогою макросу *Colorsaver* програми *Imagej*

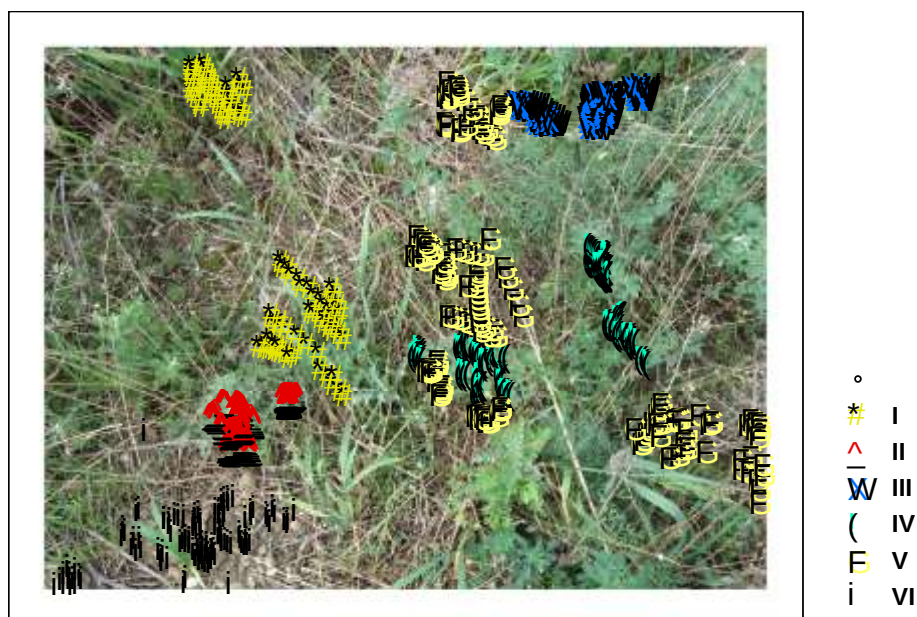


Рис. 3.3. Розподіл контрольних крапок у межах зображення в програмі
ArcMap 10.0

Умовні позначки: I. – злаки (*Bromus squarrosus* L., *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Elymus repens* (L.) Gould); II. – жабриця рівнинна (*Seseli campestre* Besser); III. – латук татарський (*Lactuca tatarica* (L.) C.A.Mey); IV. – люцерна посівна (*Medicago sativa* L.), еспарцет виколистий (*Onobrychis viciifolia* Scop.); V. – сухостій; VI. – поверхня ґрунту

У цілому по вибірці точність класифікації становить 65,39 %. За фізіономічними типами точність варіює від 43,88 до 85,94 %. Аналіз розміщення об'єктів, які класифікуються у просторі дискримінантних

функцій показує, що відкрита ґрунтова поверхня та мертві рослини добре відрізняються від живих рослин за кольоровими ознаками (рис. 3.4). Ґрунт в 18,86 % випадків може бути помилково класифікований як сухостій, тоді як сухостій можна прийняти за ґрунт в 41,07 % випадків. З рослинних типів найбільш добре (85,94 %) диференціюється тип 4 – бобові.

Таблиця 3.1

Класифікаційна матриця фізіономічних типів за результатами
дискримінантного аналізу

Фізіономічні типи (спостережувані)	%	Фізіономічні типи (класифікація)					
		I	II	III	IV	V	VI
I	43,88	233	87	95	108	5	3
II	54,78	95	355	91	88	11	8
III	53,95	121	133	355	21	13	15
IV	85,94	22	46	20	538	–	–
V	58,93	1	6	2	–	386	260
VI	81,14	–	–	–	–	206	886
Усього	65,39	472	627	563	755	621	1172

Злаки, які зустрічаються на кожному експериментальному сайті, можуть бути помилково віднесені з високим ступенем імовірності до будь-якого іншого з розглянутих рослинних фізіономічних типів. При візуальному розпізнаванні об'єктів ураховується не тільки колір, але й форма об'єкта. Облік форми та кольору об'єкта дозволяє виділити фізіономічні типи. Аналіз тільки кольору без просторового контексту (особливостей форми) значно знижує точність класифікації. Крім того, структурно однорідний об'єкт може бути представлений значним діапазоном колірних значень, відблисків, тіней, взаємним накладенням різних об'єктів, що суттєво знижує якість класифікації.

Ми можемо припустити, що об'єкт, структурно однорідний, є неоднорідним у колірному відношенні та представлений мозаїкою об'єктів,

кожний з яких може розглядатися як однорідний у колірному відношенні. Це положення дозволило сформулювати наступний алгоритм.

1. Необхідно провести кластерний аналіз (класифікацію без навчання) множини пікселів. Кількість встановлених кластерів повинна перевищувати кількість фізіономічних типів.
2. Провести аналіз відповідностей між фізіономічними типами та кластерами. Зупиниться на такому рішенні, коли кожному фізіономічному типу відповідає не менше одного кластера.
3. Для кластерного рішення провести дискримінантний аналіз, на основі якого виконати розрізнення пікселів на знімках (класифікація з навчанням).
4. Провести сегментацію знімка – об'єднати кластери у відповідні фізіономічні типи.
5. Оцінити фізіономічну структуру покриву експериментальних ділянок.

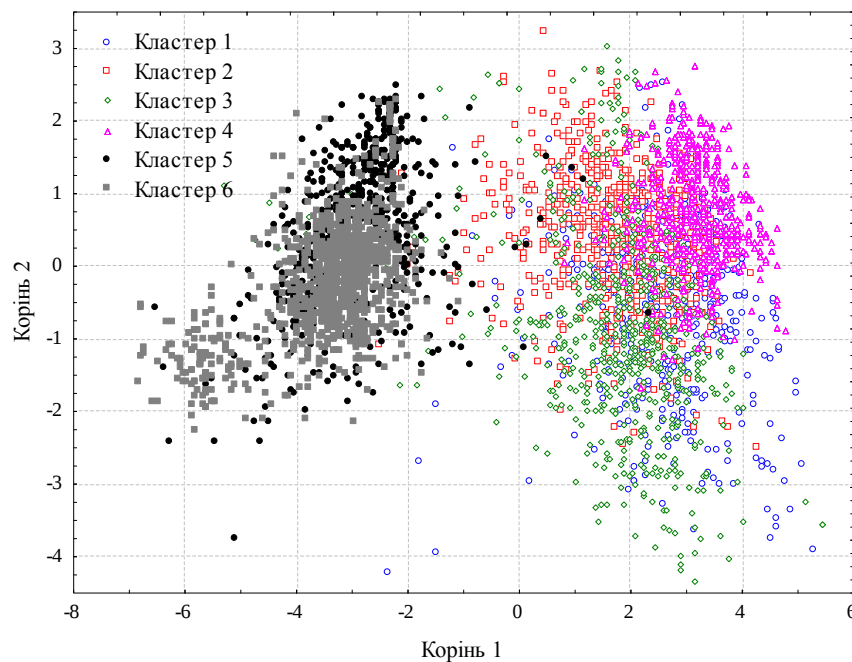


Рис. 3.4. Експериментальні точки у просторі дискримінантних функцій.

Кластерний аналіз проведений за допомогою ЕМ-алгоритму [102]. Цей підхід дає кращий результат, ніж кластеризація за допомогою методу k -середніх, як це запропоноване у роботі О. К. Балалаєва та О. А. Скрипніка [71]. Перевага полягає в тому, що кластерні рішення ЕМ-алгоритму, які

досить добре відповідають спостережуваним фізіономічним типам, виникають при набагато меншій кількості кластерів, ніж у випадку k -середніх. Результати дискримінантного аналізу кластерного рішення дають значно більш високу точність, ніж у випадку класифікації безпосередньо фізіономічних типів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Класифікаційна матриця за результатами дискримінантного аналізу

Кластер (спостережуваний)	%	Кластер (результат класифікації)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	86,02	363	0	43	0	0	0	0	0	0	1	15	0
2	92,65	0	290	0	6	3	0	0	4	10	0	0	0
3	97,60	7	0	651	1	0	0	0	0	0	0	8	0
4	76,74	0	9	2	198	0	5	14	28	0	0	2	0
5	86,45	0	11	0	0	185	0	0	0	15	0	0	3
6	90,20	0	0	0	6	0	267	5	12	4	0	2	0
7	87,01	0	0	0	9	0	3	268	28	0	0	0	0
8	96,44	0	0	0	0	0	1	6	406	8	0	0	0
9	90,93	0	4	0	0	3	5	0	20	321	0	0	0
10	85,31	0	1	0	0	1	8	0	0	14	151	0	2
11	97,85	13	0	0	1	0	1	0	0	0	0	682	0
12	91,67	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	77
Усього	91,66	383	315	696	221	197	290	293	498	372	154	709	82

У цілому по вибірці, точність класифікації становила 91,66 % з досить вузьким діапазоном варіювання по кластерах – 85,31–97,85 %. Це закономірний результат, так як кластерний аналіз за своєю природою виділяє гомогенні групи об'єктів, тоді як виділення фізіономічних типів виконане суб'єктивно. В останньому випадку відбувається об'єднання у межах класу різнорідних елементів, одночасне виділення яких у якості одного класу об'єктів з високою точністю неможливе. Таким чином, кластерний аналіз дає розбивку об'єктів, яка з високим ступенем точності може бути формалізована у вигляді дискримінантних правил. Важливим етапом аналізу є необхідність показати відповідність між виділеними кластерами та фізіономічними

типами. Це завдання вирішене за допомогою множинного аналізу відповідностей (рис. 3.5).

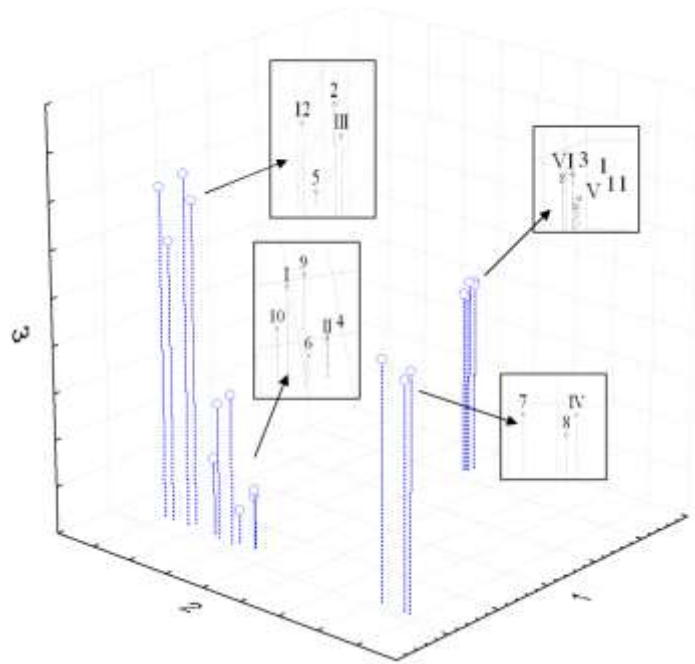


Рис. 3.5. Аналіз відповідностей фізіономічних типів рослинності, ґрунтової поверхні та кластерного рішення. У вставках показані об'єкти під різними ракурсами щоб уникнути їх накладення.

Умовні позначки: I, ..., VI – фізіономічні типи, 1, ..., 12 – кластери.

Статистичний аналіз дозволив установити високий рівень відповідності між окремими фізіономічними типами та кластерами. Фізіономічному типу I відповідають кластери 9 і 10, типу II – 4 і 6, типу III – 2, 5, 12, типу IV – 7, 8, типу V – 11, типу VI – 1 і 3. Таким чином, одному типу відповідають три кластери, чотирьом типам – по два кластери й одному типу – один кластер. Зазначені відповідності відбивають ступінь колірної однорідності фізіономічних типів. Класифікація кластерів як компонентів фізіономічних типів дає високий рівень точності, який після операції об'єднання кластерів по типах переноситься на класифікацію фізіономічних типів. Дискримінантні правила класифікації можуть бути застосовані для всього цифрового зображення поверхні в результаті чого може бути проведена його дешифрування, тобто встановлення приналежності кожного пікселя до одного з фізіономічних типів. Проведення дискримінантного аналізу й

дешифрування на його основі були проведені в середовищі Project R. Виділені фізіономічні типи мають також функціональне значення. Це значення може бути показане через наявність зв'язку з показниками екологічного середовища, які впливають на інтенсивність біотичних процесів. Важливим екологічним фактором є температура, з якою встановлений зв'язок фізіономічних типів (рис. 3.6).

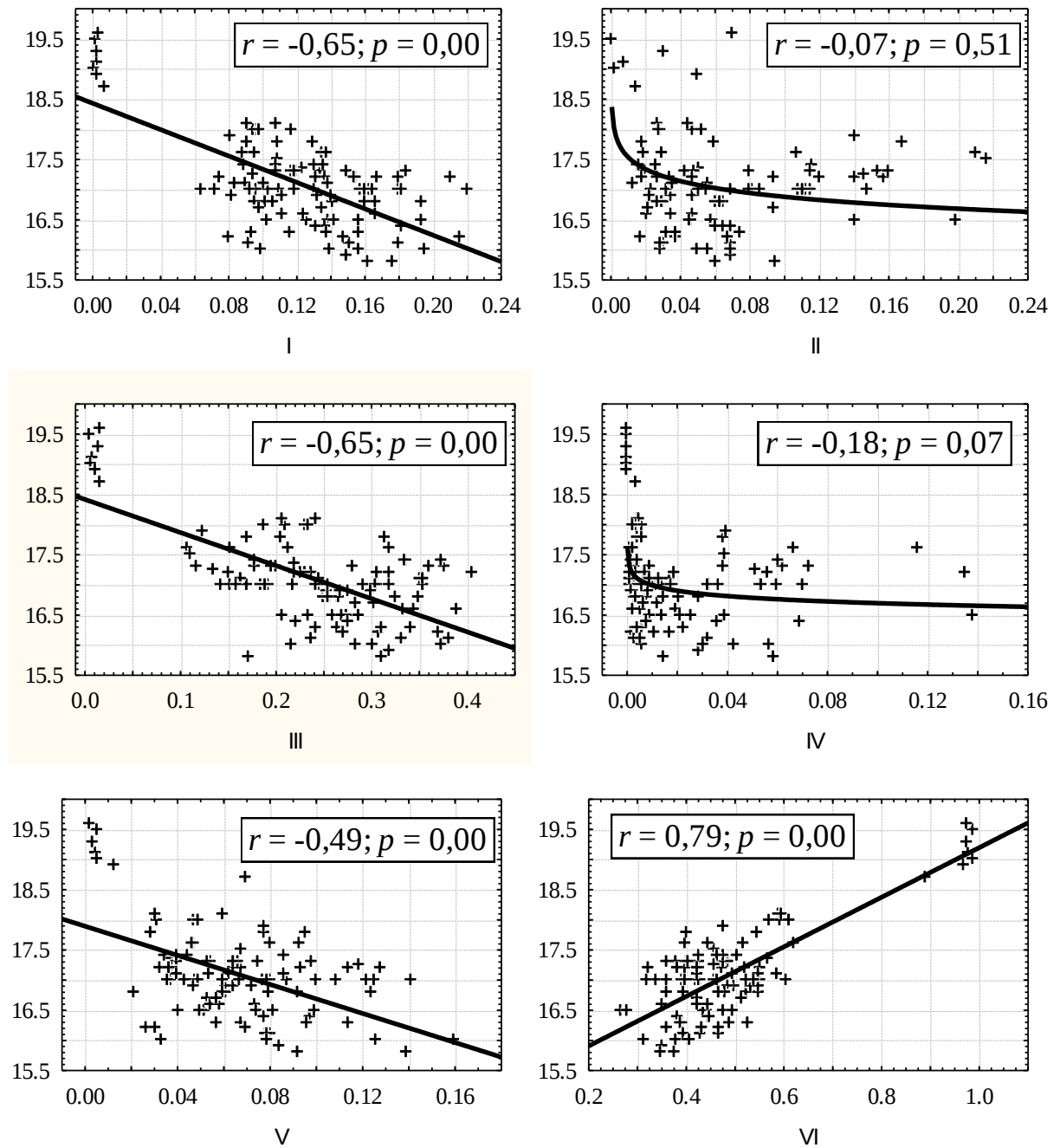


Рис. 3.6. Залежність температури верхнього ґрунтового шару (вісь ординат, 28 травня 2012 р., 11 годин ранку) від проективного покриття фізіономічних типів (вісь абсцис)

Між проективним покриттям рослинного покриву та температурою поверхні ґрунту існує від'ємна залежність. Чим більша частина поверхні ґрунту, на якій нема рослинного покриву, тим більша температура його поверхні. Для фізіономічних типів I, II, V залежність має майже лінійний характер. Для типів II та IV залежність має нелінійний характер: при малих значеннях проективного покриття навіть незначне його збільшення приводить до різкого зменшення температури поверхні ґрунту, але при помірних та високих рівнях проективного покриття вплив на температуру цих фізіономічних типів незначний. Загалом, фізіономічна структура рослинного покриву здатна пояснити 72 % варіабельності температури поверхні ґрунту в рамках лінійної моделі (табл. 3.3). Найбільш важливим предиктором температури є частина поверхні ґрунту, на якій відсутня рослинність. Серед фізіономічних типів найважливішими предикторами є типи II, III та V. Роль інших фізіономічних предикторів у визначенні температури поверхні ґрунту значно менша.

Таблиця 3.3

Регресійний аналіз (загальна регресійна модель) залежності температури ґрунту від фізіономічної структури рослинного покриву ($R^2 = 0,72$)

Предиктори	Beta	B	t(98)	p-рівень
Константа	–	16,09±1,59	10,13	0,00
Тип I	–0,02±0,11	–0,39±1,76	–0,22	0,82
Тип II	0,23±0,14	3,82±2,28	1,68	0,05
Тип III	–0,18±0,22	–1,52±1,86	–0,82	0,42
Тип IV	–0,03±0,10	–0,85±2,90	–0,29	0,77
Тип V	–0,23±0,09	–5,58±2,26	–2,47	0,02
Тип VI	0,61±0,30	3,20±1,56	2,05	0,04

Умовні позначки: Beta – нормовані регресійні коефіцієнти; B – регресійні коефіцієнти

Таким чином, фізіономічні типи, які нами виділені за запропонованим алгоритмом, дозволяють кількісно охарактеризувати властивості рослинного покриву. Ці кількісні характеристики мають зв'язок з таксономічним аспектом структури рослинності тільки у самому загальному вигляді, так як таксономічне багатство рослинності значно вище. Безумовною перевагою

кількісних показників фізіономічних типів є функціональна насиченість їх змісту та формальність (об'єктивність) процедури визначення. Також перевагою є швидкість одержання польових матеріалів, можливість їх збереження на цифрових носіях, що дозволяє повернутися до них знову в разі потреби. Можливість одержувати значні обсяги польових даних у комбінації з фіксацією координат відбору проб дозволяють розглядати фізіономічні типи як важливий інструмент створення баз просторово координованих даних. Фізіономічні типи рослинного покриву можуть виступати у якості кількісних характеристик рослинності, а також можуть розглядатися як екогеографічні змінні для описання екологічних умов існування інших компонентів екосистем.

3.2. Педоземи

Електрична провідність педоземів у 2012 р. становила 0.83 дСм/м (табл. 3.4). Ця властивість ґрунту характеризується високим рівнем просторової залежності, про що свідчить показник SDL 0.97 %. Практичний радіус впливу для варіограми, яка описує просторове варіювання електричної провідності педоземів, становить 4.68 м. Серед агрегатних фракцій педоземів переважне місце займають агрегати розміром від 1 до 5 мм. Агрегати різного розміру мають різну природу свого утворення, що також підтверджується суттєво відмінними особливостями їх просторового варіювання. Просторова компонента мінливості відіграє важливу роль для агрегатів розміром 7–10 мм та більше 10 мм, а також розміром 0,5–3 мм. Для інших за розміром агрегатів просторова компонента варіювання менш важлива. Це також може вказувати на те, що просторові особливості варіювання вказаних фракцій не можуть бути повністю враховані за допомогою обраної дистанції між точками опробування для обліку екологічних характеристик технозему. Практичний радіус впливу для агрегатних фракцій знаходиться у діапазоні 3,01–5,07 м. Для агрегатної фракції 3–5 мм практичний радіус впливу становить 0,00 м.

Таблиця 3.4

Статистичні та геостатистичні характеристики варіювання едафічних,
рослинних та фітоіндикаційних властивостей педоземів (2012 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.83±0.03	0.95	4.68	0.10	0.00	0.97	1.63	0.87
Agr_10	10.28±0.29	0.90	6.11	8.68	0.09	0.98	3.43	1.00
Agr_7_10	6.38±0.14	0.89	3.84	1.98	0.02	0.99	1.20	1.00
Agr_5_7	7.79±0.12	0.57	3.01	0.46	0.85	65.01	1.97	1.02
Agr_3_5	21.36±0.44	0.00	0.00	4.00	14.49	78.39	0.03	1.01
Agr_2_3	17.15±0.25	0.98	5.05	6.52	0.06	0.95	1.80	0.83
Agr_1_2	25.78±0.36	1.01	4.55	13.41	0.13	0.96	1.33	0.92
Agr_05_1	3.24±0.10	0.87	5.07	0.80	0.01	1.00	2.40	0.87
Agr_025_05	4.45±0.14	1.08	4.21	0.37	1.43	79.33	0.93	0.98
Agr_025	3.03±0.07	0.86	5.33	0.33	0.14	29.40	2.80	1.01
Im_05	3.00±0.07	42.2	58.83	0.56	0.36	39.27	0.10	0.96
Im_10	4.04±0.07	0.82	8.28	0.12	0.27	69.08	8.00	0.90
Im_15	5.00±0.06	0.98	5.55	0.37	0.01	1.88	2.23	1.04
Im_20	5.24±0.05	1.04	6.12	0.26	0.00	0.91	2.47	0.97
Im_25	5.80±0.04	7.15	16.34	2.11	0.12	5.42	0.27	0.87
Im_30	5.87±0.06	5.88	10.77	1.61	0.19	10.35	0.17	0.80
Im_35	5.76±0.11	23.4	64.01	247.9	0.82	0.33	0.40	0.75
Im_40	6.19±0.12	2.45	21.61	0.56	1.02	64.55	6.03	0.89
Im_45	6.46±0.12	6.33	14.47	13.18	1.08	7.57	0.27	0.88
Im_50	6.89±0.11	4.06	19.63	0.57	0.98	63.27	1.57	0.87
Type_1	25.58±0.11	1.83	4.62	0.003	0.009	73.24	0.33	0.99
Type_2	14.24±0.19	2.67	7.99	0.017	0.020	53.09	0.50	0.84
Type_3	25.27±0.33	5.67	16.98	0.057	0.065	53.39	0.50	0.88
Type_4	10.85±0.29	5.17	13.02	0.051	0.028	35.69	0.33	0.77
Type_5	1.12±0.04	5.71	3.48	0.001	0.001	70.11	0.03	1.02
Type_6	23.18±0.34	9.67	29.75	0.089	0.053	37.06	0.53	0.72
Hd	10.03±0.07	0.88	4.49	0.54	0.01	1.00	1.77	0.99
fH	7.27±0.082	1.33	6.39	0.08	0.64	89.03	1.53	1.02
Rc	7.72±0.034	1.21	4.08	0.11	0.00	2.79	0.67	1.01
Sl	7.22±0.053	2.46	24.76	0.07	0.23	76.34	7.97	1.00
Ca	10.32±0.03	1.55	4.77	0.17	0.00	0.93	0.53	1.08
Nt	4.40±0.041	2.22	21.95	0.01	0.12	94.90	7.67	1.02
Ae	4.91±0.024	1.38	13.88	0.01	0.04	77.29	7.93	0.98
Tm	10.09±0.04	0.96	9.63	0.04	0.13	78.28	8.00	0.95
Om	11.61±0.04	0.17	0.10	0.17	0.03	12.98	0.03	1.01
Kn	8.58±0.090	5.31	8.68	1.19	0.60	33.34	0.13	0.97
Cr	8.39±0.055	0.89	8.96	0.05	0.25	83.78	8.00	1.01
Lc	8.69±0.002	3.67	12.64	0.00	0.00	53.18	0.70	0.98

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Карра – порядок моделі Матерна; MSDR

Показники твердості педоземів закономірно збільшуються профілем ґрунту від 3,00 МПа на глибині 0–5 см до 6,86 МПа на глибині 45–50 см. Збільшення твердості відбувається поступово з локальним максимумом на глибині 25–30 см. Твердість ґрунту на глибині 0–5 см характеризується помірною просторовою залежністю, а на глибині 5–10 см – слабкою просторовою залежністю. При подальшому збільшенні глибини рівень просторової залежності різко зростає. На глибинах 35–40 та 45–50 см рівень просторової залежності дещо зменшується. Це може бути пов'язано з тим, що різні шари ґрунту характеризуються різними просторовими патернами, які зберігають свою одноманітність не строго у горизонтальному напрямку. Вимірювання твердості на одній глибині приводить до потрапляння у один шар вимірювання даних з сусідніх горизонтів, у яких просторове варіювання твердості відбувається за різними законами. Усереднення таких даних дає зменшення оцінок рівня просторової залежності показників твердості.

Аналіз фізіономічних типів вказує на їх досить вирівняне співвідношення за середнім проективним покриттям та незначну роль сухостою у формуванні загального проективного покриття. Для всіх фізіономічних типів рівень просторової залежності можна визначити як помірний. Практичний радіус впливу найбільший для просторового варіювання типу VI (вільна від рослинності поверхня ґрунту) та для типу III (індикатор – латук татарський). Найменший практичний радіус впливу характерний для просторового варіювання типу V (сухостій) та для типу I (злаки).

Фітоіндикаційне оцінювання вказує на субмезофітний режим зволоження педоземів та гемігідроконтрастофільний режим змінності зволоження. Кислотність педозему сприятлива для субацидофілів, сольовий режим – для семіевтрофів. Високий вміст карбонатів можна встановити за переважанням гемікарбонатофілів в угрупованні педоземів. Дефіцит азоту в педоземі індукується за переважанням субанітрофілів. Для педоземів характерний підвищений режим аерації, на що вказує домінування аерофілів

серед рослин. Термоклімат педоземів можна оцінити як неморальний/субсередземноморський, омброклімат – як субаридофітний. За континентальністю клімат – геміконтинентальний. Кріоклімат – помірний з м'якими зимами. Режим освітлення – такий, який характерний для відкритих просторів. Дуже високий рівень просторової залежності встановлений для варіювання фітоіндикаційних оцінок вологості, кислотності, вмісту карбонатів. Високий рівень просторової залежності характерний для оцінок омброклімату та континентальності.

У 2013 р. вимірювання електричної провідності ґрунту показали те, що середній рівень статистично вірогідно не відрізняється від показників попереднього року ($t = 0.94$, $p = 0.35$) (табл. 3.5). Крім того, спостерігається значна кореляція ($r = 0.55$, $p = 0.00$), що вказує на повторюваність просторових патернів мінливості цієї властивості. Варіювання електричної провідності характеризується високим рівнем просторової залежності, про що вказує низький рівень SDL (0,96 %). Співвідношення агрегатних фракцій у різні роки досить подібне. Слід відзначити збільшення вмісту агрегатів розміром 1–2 мм та зменшення вмісту агрегатів розміром більше 10 мм у 2013 р. порівняно з 2012 р. Найбільшим рівнем просторової залежності характеризується варіювання таких фракцій, як >10 мм, 1–2, ..., 5–7 мм. Низьким рівнем просторової залежності характеризується варіювання фракцій розміром <0.25–1 та 7–10 мм. Характер профільного розподілу показників твердості ґрунту в 2013 р. є подібним до показників 2012 р., але середні рівні твердості дещо менші. Аналіз варіограм вказує на те, що найбільший рівень просторової залежності характерний для твердості на глибині 5–25 см. Відбулись значні зміни в структурі фізіономічних типів рослинності. Зменшилось проєктивне покриття типу I, але збільшилось проєктивне покриття типу VI. Рівень просторової залежності усіх фізіономічних типів дуже помірний. Середні фітоіндикаційні оцінки екологічних режимів залишились практично незмінними.

Таблиця 3.5

Статистичні та геостатистичні характеристики варіювання едафічних,
рослинних та фітоіндикаційних властивостей педоземів (2013 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.80±0.02	1.02	5.72	0.04	0.0003	0.96	0.69	1.02
Agr_10	7.23±0.33	0.88	3.64	8.83	0.09	1.00	0.93	0.88
Agr_7_10	4.92±0.15	1.46	14.67	0.29	1.73	85.56	0.97	1.46
Agr_5_7	7.44±0.17	0.86	4.85	2.51	0.03	1.00	0.83	0.86
Agr_3_5	20.23±0.37	32.5	294.51	10.55	0.01	0.11	1.04	32.53
Agr_2_3	19.26±0.29	0.56	1.85	6.23	0.13	2.00	1.01	0.56
Agr_1_2	28.88±0.43	0.56	1.84	14.03	0.29	2.00	1.01	0.56
Agr_05_1	3.32±0.11	3.14	13.71	0.32	0.86	72.94	1.01	3.14
Agr_025_05	5.40±0.14	5.17	34.17	0.70	1.81	72.22	1.00	5.17
Agr_025	3.17±0.10	7.05	53.78	0.44	0.90	67.28	1.02	7.05
Im_05	2.25±0.06	47.6	77.81	0.50	0.19	27.47	0.88	47.63
Im_10	3.58±0.07	0.87	5.68	0.33	0.00	1.00	0.64	0.87
Im_15	4.23±0.03	0.87	4.75	0.10	0.00	1.00	0.79	0.87
Im_20	4.63±0.03	0.95	6.04	0.07	0.00	0.96	0.65	0.95
Im_25	4.81±0.03	0.96	6.41	0.08	0.00	0.93	0.56	0.96
Im_30	5.11±0.03	9.02	21.70	0.10	0.03	21.35	0.67	9.02
Im_35	5.49±0.05	22.5	61.42	47.23	0.13	0.27	0.65	22.53
Im_40	5.31±0.08	15.8	36.17	0.69	0.20	22.47	0.67	15.83
Im_45	5.15±0.07	46.8	76.45	1.13	0.22	16.06	0.74	46.80
Im_50	5.39±0.07	68.8	126.13	1.90	0.20	9.71	0.67	68.88
Type_1	8.28±0.26	2.61	20.11	1.39	7.24	83.93	1.01	2.61
Type_2	19.86±0.28	2.33	12.96	2.30	6.14	72.75	0.98	2.33
Type_3	25.60±0.47	50.4	166.91	11.06	20.69	65.16	1.02	50.48
Type_4	7.17±0.15	0.91	9.18	0.55	1.61	74.61	0.99	0.91
Type_5	3.29±0.09	52.6	73.39	0.63	0.75	54.30	0.98	52.68
Type_6	35.93±0.96	2.17	15.08	19.11	80.06	80.73	1.00	2.17
Hd	9.10±0.07	0.97	5.00	0.46	0.00	0.96	0.85	0.97
fH	7.30±0.07	0.85	5.64	0.34	0.00	1.00	1.16	0.85
Rc	7.54±0.06	46.1	84.43	0.30	0.34	52.48	1.01	46.11
Sl	8.31±0.04	49.1	89.72	3.39	0.13	3.63	1.04	49.19
Ca	9.70±0.05	54.6	76.08	0.34	0.18	34.24	0.92	54.62
Nt	4.77±0.07	0.91	6.76	0.21	0.30	58.55	0.94	0.91
Ae	5.06±0.03	0.00	0.00	0.08	0.04	32.76	1.01	0.00
Tm	10.40±0.04	2.82	28.04	0.04	0.15	80.63	1.02	2.82
Om	11.65±0.05	5.67	45.18	151.2	0.16	0.10	1.04	5.67
Kn	8.89±0.05	0.17	0.38	0.02	0.19	91.34	1.01	0.17
Cr	8.88±0.03	0.00	0.00	0.01	0.10	92.15	1.01	0.00
Lc	8.72±0.00	4.83	6.73	0.00	0.00	38.53	1.03	4.83

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – нагет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Kappa – порядок моделі Матерна; MSDR

Слід відзначити зменшення рівня зволоження та вмісту карбонатів, збільшення трофності та вмісту доступних форм азоту. Найбільшим рівнем просторової залежності характеризується варіювання фітоіндикаційних оцінок режиму вологості, змінності вологості, трофності та омброрежиму. Електрична провідність педозему в 2014 р. дещо менша, ніж у попередньому році, але ця відмінність статистично не достовірна ($t = 1.26$, $p = 0.21$) (табл. 3.6). Повторюваність просторового патерну цього показника підтверджується високим статистично вірогідним коефіцієнтом кореляції між повторними вимірюваннями електропровідності з лагом один рік ($r = 0.63$, $p = 0.00$). Рівень просторової залежності електропровідності ґрунту дуже високий (SDL – 2,74 %). Агрегатна структура педоземів характеризується високим рівнем подібності у 2013 та 2014 рр. Специфічність проявляє себе у особливостях просторового варіювання. Так, для агрегатних фракцій розміром > 10 та $1 - 2$ мм рівень просторової залежності варіювання зменшується, а для агрегатних фракцій розміром $7-10$ та $0.25-1$ – навпаки, збільшується. Профільний розподіл значень твердості педоземів у 2014 р. цілком повторює відповідний патерн попереднього року. Слід відзначити, що для всіх вимірюваних шарів просторове варіювання твердості характеризується високим рівнем просторової залежності, за винятком твердості на глибині $15-20$ см. Структура рослинного покриву за результатами оцінки співвідношення фізіономічних типів повністю повторює ситуацію попереднього року. Особливість полягає у значному збільшенні рівня просторової залежності варіювання проективного покриття відповідних фізіономічних типів. У 2014 р. відмічено продовження тенденції зменшення рівня зволоження едафотопу, яка була виявлена у попередні роки. Інші фітоіндикаційні оцінки у середньому повторюють рівні, які встановлені у 2013 р. Слід відзначити збільшення рівня просторової залежності варіювання фітоіндикаційних оцінок порівняно з попереднім роком.

Таблиця 3.6

Статистичні та геостатистичні характеристики варіювання едафічних,
рослинних та фітоіндикаційних властивостей педоземів (2014 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.77±0.02	1.11	5.72	0.04	0.00	2.74	1.83	0.69
Agr_10	8.00±0.24	0.80	4.53	3.22	1.58	32.97	2.27	0.84
Agr_7_10	4.99±0.13	13.7	14.84	1.81	0.50	21.57	0.07	0.93
Agr_5_7	7.33±0.12	0.83	5.12	1.13	0.00	0.34	2.73	0.68
Agr_3_5	20.56±0.31	1.10	4.71	9.77	0.03	0.31	1.17	0.77
Agr_2_3	19.44±0.21	2.09	4.77	3.72	0.01	0.35	0.27	0.85
Agr_1_2	29.33±0.31	0.82	5.44	5.38	2.62	32.75	3.23	0.70
Agr_05_1	3.36±0.10	6.29	11.53	0.62	0.26	29.52	0.17	0.95
Agr_025_05	5.81±0.08	0.87	4.45	0.64	0.00	0.33	1.77	0.78
Agr_025	3.40±0.08	0.95	3.64	0.59	0.00	0.33	0.90	0.87
Im_05	2.18±0.08	0.82	3.64	0.58	0.00	0.34	1.27	0.88
Im_10	3.56±0.10	0.96	4.22	1.06	0.00	0.33	1.27	0.83
Im_15	4.08±0.06	0.99	4.56	0.36	0.00	0.32	1.40	0.86
Im_20	4.50±0.06	0.83	6.54	0.23	0.11	32.22	4.77	0.86
Im_25	4.74±0.05	1.19	4.90	0.31	0.00	0.31	1.07	0.81
Im_30	4.96±0.08	1.20	5.11	0.74	0.00	0.31	1.17	0.85
Im_35	5.23±0.15	0.91	5.87	2.40	0.01	0.33	3.07	0.62
Im_40	5.87±0.12	5.36	10.72	3.18	0.01	0.02	0.20	0.47
Im_45	5.68±0.11	0.90	7.11	1.32	0.00	0.32	4.73	0.36
Im_50	5.68±0.13	0.92	6.30	1.92	0.01	0.32	3.43	0.35
Type_1	8.13±0.28	0.87	5.23	5.63	2.68	32.25	2.60	0.98
Type_2	19.78±0.27	24.5	49.04	7.98	2.49	23.78	0.20	0.84
Type_3	25.38±0.53	0.96	5.20	20.80	9.63	31.65	2.07	0.84
Type_4	7.20±0.18	0.84	4.43	3.44	0.01	0.34	1.90	0.85
Type_5	3.32±0.11	4.21	9.05	0.87	0.38	30.72	0.23	0.91
Type_6	36.20±0.90	0.83	4.62	56.93	28.06	33.02	2.20	0.98
Hd	7.67±0.07	0.92	3.51	0.43	0.00	0.33	0.90	0.88
fH	7.59±0.06	1.05	3.15	0.27	0.01	2.88	0.50	0.92
Rc	6.88±0.04	1.03	3.26	0.13	0.00	3.18	0.57	0.97
Sl	7.89±0.04	0.95	5.39	0.20	0.00	0.32	2.30	0.71
Ca	10.42±0.05	1.11	5.48	0.27	0.00	0.31	1.63	0.64
Nt	4.29±0.06	1.19	5.27	0.32	0.00	0.30	1.27	0.74
Ae	4.34±0.04	0.88	4.10	0.14	0.00	0.33	1.43	0.83
Tm	10.69±0.05	1.05	6.23	0.31	0.00	0.30	2.50	0.62
Om	11.19±0.04	1.90	6.30	0.13	0.00	0.30	0.63	0.83
Kn	9.44±0.08	0.84	5.70	0.60	0.00	0.34	3.37	0.57
Cr	9.19±0.03	0.06	0.04	0.08	0.02	21.04	0.03	1.01
Lc	8.73±0.002	1.17	6.13	0.00	0.00	22.45	1.90	0.63

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Карра – порядок моделі Матерна; MSDR

Таким чином, дослідження протягом трьох років екологічних режимів педоземів показало високу стабільність середніх рівнів показників. Рівень електричної провідності верхнього ґрунтового шару педоземів не перевищує значення, вище якого може спостерігатися фітотоксичний ефект [213]. Для профільного розподілу твердості ґрунту характерне поступове збільшення з глибиною, при чому показники твердості перевищують критичний рівень 3МПа вже з глибини 5–10 см. Це вказує на те, що просторове варіювання показників твердості педоземів може впливати на особливості просторової організації рослинного угруповання, та, відповідно, може впливати на особливості розміщення наземних молюсків. Значна трансформація рослинного угруповання за структурою фізіономічних типів відбулась між 2012 та 2013 рр. У свою чергу, в період 2013–2014 рр. у фізіономічній структурі рослинного угруповання спостерігалась стабільність. Стійкість екологічного аспекту рослинного угруповання підтверджується також фітоіндикаційними оцінками екологічних режимів, які характеризуються значною повторюваністю своїх середніх значень.

Головним аспектом динаміки екологічних режимів є рівень просторової залежності екологічних показників. Аналіз просторових патернів вказує на сталість просторової структури педоземів у часі, але ця сталість відбувається за різних рівнів просторової детермінованості. Очевидно, що певна сталість просторової структури як ґрунтоподібного тіла так і рослинного угруповання відбувається як наслідок пульсації конфігурації головних структурних утворень, якими є елементи мозаїки ґрунтового та рослинного покриву. Тимчасова втрата просторових зв'язків відбивається у зменшенні рівня просторової детермінованості екологічних показників, а відновлення таких зв'язків приводить до збільшення такої детермінованості.

3.3. Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку

Електрична провідність дерново-літогенного ґрунту на лесоподібних суглинках становить 0.51 ± 0.012 дСм/м. Цей показник характеризується високою просторовою складовою у своєму варіюванні ($SDL = 7.7 \%$) з практичним радіусом впливу 1.73 м. Це вказує на співрозмірність густини точок опробування з масштабом варіювання електричної провідності ґрунту. Якщо врахувати, що електрична провідність є маркером багатьох властивостей ґрунту (вологість, мінералізація ґрунтового розчину, стан простору шпар та ін.), то можна вважати, що інші екологічно важливі властивості та режими досліджуваного ґрунту також мають відповідну розмірність у своєму просторовому варіюванні. Серед агрегатних фракцій за вмістом переважають агрегати розміром 1–2, ..., 3–5 мм. Для усіх фракцій, за виключенням агрегатів розміром 5–7 мм, установлений високий рівень просторової залежності ($SDL = 0.31–2.29 \%$). Можна припустити, що механізми формування агрегатів розміром 5–7 мм у цьому типі техноземів мають гетерогенну природу, внаслідок чого і просторовий характер варіювання не може бути чітко описаний за допомогою однієї варіограми. Практичний радіус впливу для просторового варіювання агрегатних фракцій знаходиться в діапазоні 2.33–5.97 м. Твердість у верхньому шарі дерново-літогенного ґрунту на лесоподібному суглинку становить 3.66 ± 0.13 МПа та збільшується з глибиною. Найбільш різке збільшення твердості спостерігається на глибині 10–15 см, після чого зростання цього показника доволі помірне. Рівень просторової залежності варіювання твердості ґрунту помірний для глибин 0–40 см ($SDL = 23.5–31.1 \%$) та різко збільшується для глибин 40–50 см ($SDL = 0.32 \%$). Практичний радіус впливу варіює у межах 1.9–20.1 м (виняток – твердість на глибині 25–30 см, для якої цей показник становить 48.8 м). Вільна від рослинності поверхня ґрунту складає $41.36 \pm 1.20\%$. Найбільше проективне покриття встановлене для фізіономічних типів II, III та V.

Таблиця 3.7

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на лесоподібному суглинку (2012 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL, %	Kappa	MSDR
EC	0.51±0.012	2.83	1.73	0.01	0.00	7.70	0.03	0.99
Agr_10	7.49±0.30	0.78	2.33	7.58	0.05	0.67	0.50	0.99
Agr_7_10	5.95±0.17	0.91	2.73	1.43	0.03	2.29	0.50	0.97
Agr_5_7	7.83±0.18	0.83	3.44	1.40	0.67	32.57	1.10	0.93
Agr_3_5	18.93±0.47	0.89	4.38	18.89	0.06	0.33	1.63	0.76
Agr_2_3	16.97±0.19	1.51	4.52	3.67	0.01	0.31	0.50	0.86
Agr_1_2	25.45±0.29	1.51	4.52	8.25	0.03	0.31	0.50	0.86
Agr_05_1	5.17±0.23	1.02	5.97	4.59	0.01	0.31	2.43	0.55
Agr_025_05	6.60±0.30	1.10	5.05	6.68	0.02	0.31	1.40	0.77
Agr_025	5.62±0.21	1.01	5.25	3.10	0.01	0.32	1.87	0.74
Im_05	3.66±0.13	10.9	20.08	0.64	0.23	26.56	0.17	0.87
Im_10	6.10±0.21	0.94	7.59	1.88	0.74	28.21	4.93	0.67
Im_15	7.53±0.10	0.95	5.98	2.01	0.91	31.09	2.87	0.78
Im_20	8.00±0.07	2.94	9.71	2.63	1.17	30.76	0.63	0.88
Im_25	8.48±0.08	4.04	13.64	2.05	0.84	29.01	0.67	0.82
Im_30	8.71±0.10	24.3	48.76	1.74	0.53	23.47	0.20	0.78
Im_35	8.66±0.16	4.82	15.57	3.73	1.33	26.26	0.60	0.77
Im_40	8.85±0.13	0.46	1.85	1.93	0.85	30.45	1.00	1.01
Im_45	9.18±0.16	1.01	5.29	1.58	0.01	0.32	1.87	0.70
Im_50	9.28±0.16	1.06	4.34	1.76	0.01	0.32	1.07	0.81
Type_1	9.18±0.33	1.07	4.53	6.75	0.02	0.32	1.13	0.87
Type_2	17.40±0.71	6.70	17.59	34.69	7.50	17.78	0.37	0.62
Type_3	12.89±0.60	0.78	6.99	13.34	5.95	30.84	6.17	0.54
Type_4	5.96±0.41	0.95	8.19	17.02	0.05	0.30	5.70	0.25
Type_5	11.72±0.30	1.80	10.89	7.12	2.55	26.39	2.63	0.63
Type_6	41.36±1.20	1.00	6.46	47.13	0.14	0.31	3.03	0.63
Hd	10.21±0.13	0.84	5.90	0.74	0.00	0.34	3.63	0.76
fH	6.06±0.12	0.88	4.87	0.82	0.00	0.33	2.13	0.79
Rc	8.91±0.04	0.64	1.90	0.10	0.01	8.08	0.50	1.00
Sl	8.23±0.06	1.45	6.67	0.23	0.00	0.32	1.40	0.71
Ca	11.29±0.05	0.87	4.91	0.11	0.00	0.35	2.27	0.77
Nt	5.03±0.13	0.91	6.19	1.30	0.00	0.32	3.40	0.43
Ae	6.38±0.07	1.10	6.94	0.29	0.00	0.29	2.90	0.36
Tm	8.94±0.06	0.87	4.77	0.18	0.00	0.34	2.10	0.81
Om	11.82±0.06	1.03	4.11	0.28	0.00	0.32	1.00	0.86
Kn	8.92±0.13	0.89	5.66	0.85	0.44	34.11	2.93	0.72
Cr	7.45±0.13	13.6	31.06	1.29	0.27	17.50	0.27	0.61
Lc	8.81±0.016	1.07	6.37	0.02	0.00	7.83	2.53	0.61

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Карра – порядок моделі Матерна; MSDR

Фізіономічні типи I, IV та V характеризуються високим рівнем просторової залежності, а інші типи – помірним рівнем просторової залежності. Фітоіндикаційне оцінювання вказує на те, що режим зволоження дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках є сприятливим для субмезофітів, а змінність зволоження сприятлива для гемігідроконтрастофобів. Режим кислотності – нейтрофільний, сольовий режим – семіевтрофний. Вміст карбонатів створює умови, які сприятливі для карбонатofilів. Режим забезпечення технозему засвоюваними формами азоту сприятливий для гемінітрофілів. Режим аерації сприятливий для субаерофілів. Режим освітлення такий, який характерний для відкритих просторів. Терморежим – субмезотермний, омброрежим – субаридофітний. У цілому, фітоіндикаційні оцінки вказують на геміконтинентальний клімат з помірними зимами. Для усіх фітоіндикаційних шкал, за винятком шкали континентальності та кріоклімату, характерний високий рівень просторової залежності ($SDL = 0.29\text{--}8.1\%$). Практичний рівень радіусу впливу становить 1.9–6.9 м (виняток – шкала кріоклімату, для якої цей показник становить 31.1 м). У 2013 р. середній рівень електричної провідності ґрунту відповідав показникам попереднього року, але суттєво знизився рівень просторової залежності цього показника при помірному зростанні практичного радіусу впливу (табл. 3.8). Співвідношення вмісту агрегатних фракцій також відповідає агрегатній структурі попереднього року. Просторова залежність варіювання агрегатних фракцій 1–5 мм значно зменшилась. Значно від попереднього року відрізнявся практичний радіус впливу для агрегатів розміром 3–5 мм.

Загальний рівень твердості ґрунту став дещо меншим. Характер профільного розподілу значень твердості не змінився. Рівень просторової залежності твердості ґрунту в шарах 0–5 та 40–45 см зменшився, в інших шарах цей показник практично не змінився. Для усіх шарів, за винятком 25–35 см, практичний радіус впливу становив 4–6 м. Для вказаних шарів цей показник був значно вищим – 18.9–29.2 м.

Таблиця 3.8

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на лесоподібному суглинку (2013 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.52±0.01	1.24	3.38	0.01	0.00	27.45	0.40	0.95
Agr_10	5.95±0.21	1.41	4.32	5.06	0.16	2.99	0.53	0.86
Agr_7_10	4.21±0.09	0.61	1.84	0.41	0.04	8.68	0.50	1.00
Agr_5_7	9.64±0.15	0.93	5.49	1.13	0.53	31.65	2.47	0.91
Agr_3_5	20.58±0.20	2.89	8.15	4.17	0.64	13.35	0.43	0.87
Agr_2_3	23.36±0.24	0.79	6.10	3.93	1.72	30.47	4.47	0.84
Agr_1_2	15.57±0.16	0.79	6.10	1.75	0.77	30.47	4.47	0.84
Agr_05_1	6.19±0.13	1.03	5.38	1.93	0.01	0.31	1.87	0.69
Agr_025_05	7.73±0.17	1.00	4.98	2.83	0.01	0.32	1.67	0.86
Agr_025	6.77±0.12	1.01	4.63	1.49	0.00	0.32	1.40	0.89
Im_05	2.69±0.11	0.87	6.01	0.90	0.42	32.01	3.53	1.19
Im_10	5.07±0.19	0.87	5.21	2.69	1.20	30.90	2.57	1.05
Im_15	6.85±0.09	1.00	5.53	0.67	0.30	31.15	2.13	0.91
Im_20	7.50±0.07	17.8	29.19	0.42	0.16	27.34	0.13	0.94
Im_25	7.50±0.07	11.5	18.87	0.41	0.16	28.46	0.13	0.95
Im_30	7.79±0.09	0.82	6.01	0.57	0.26	30.80	4.07	1.01
Im_35	7.82±0.11	0.96	5.49	0.82	0.38	31.46	2.33	0.98
Im_40	7.81±0.13	0.86	5.04	1.21	0.54	30.88	2.43	1.05
Im_45	7.95±0.13	0.80	4.02	1.36	0.60	30.61	1.70	1.05
Im_50	8.05±0.14	0.78	5.01	1.56	0.68	30.58	3.00	1.05
Type_1	9.99±0.20	0.89	4.97	3.06	0.01	0.33	2.17	0.81
Type_2	18.49±0.28	0.92	4.64	6.97	0.02	0.33	1.73	0.78
Type_3	18.31±0.46	0.92	5.89	15.39	0.05	0.32	2.97	0.93
Type_4	6.75±0.18	5.57	13.42	1.92	0.81	29.70	0.30	0.83
Type_5	8.13±0.19	0.71	3.18	3.38	0.01	0.35	1.30	0.93
Type_6	38.34±0.60	0.97	4.96	35.56	0.11	0.32	1.77	0.87
Hd	12.99±0.11	0.89	5.68	0.71	0.39	35.60	2.97	0.97
fH	5.66±0.11	1.04	4.94	1.10	0.27	19.82	1.50	1.03
Rc	7.55±0.10	1.15	5.18	0.90	0.00	0.31	1.33	0.96
Sl	8.44±0.06	80.9	49.29	0.26	0.11	30.00	0.03	1.04
Ca	11.34±0.04	7.68	14.06	0.11	0.05	30.49	0.17	0.95
Nt	5.99±0.19	2.25	3.14	1.96	0.99	33.67	0.10	1.00
Ae	6.30±0.06	1.44	6.88	0.27	0.13	31.72	1.53	0.93
Tm	10.00±0.07	0.94	5.76	0.35	0.17	32.31	2.73	0.95
Om	10.99±0.07	0.84	5.31	0.31	0.16	33.44	2.93	0.97
Kn	10.12±0.13	0.73	3.37	1.17	0.57	33.00	1.40	0.98
Cr	8.62±0.10	1.01	5.85	1.05	0.00	0.31	2.37	0.69
Lc	8.26±0.08	1.00	3.08	0.58	0.02	3.51	0.53	1.00

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Карра – порядок моделі Матерна; MSDR

Фізіономічна структура рослинності у 2013 р. повторювала цю властивість попереднього року. Для усіх фізіономічних типів, за винятком типу IV, характерний високий рівень просторової залежності. У свою чергу, для типу IV встановлений помірний рівень просторової залежності. Також слід відмітити деякі флуктуації значень практичного радіусу впливу, які можна визнати незначними. Фітоіндикаційна оцінка режиму зволоження вказала на деяке збільшення забезпечення водними ресурсами технозему в 2013 р. порівняно з попереднім. Також встановлено збільшення терморежиму та континентальності. Інші фітоіндикаційні оцінки повторюють значення попереднього року. Для багатьох фітоіндикаційних оцінок рівень просторової залежності зменшився. Суттєвих змін у показниках практичного радіусу впливу не відбулось.

У 2014 р. показники електричної провідності ґрунту та агрегатного складу відповідали значенням попереднього року (табл. 3.9). Кореляція електропровідності ґрунту в двох послідовних роках склала $r = 0.82$, $p = 0.00$, що свідчить про високий рівень повторюваності просторових патернів. Просторова залежність електричної провідності повернулася до рівня 2012 р. ($SDL = 5.2\%$). Характер профільного розподілу показників твердості також характеризується повторюваністю порівняно з попередніми роками. Особливість полягає у тому, що твердість у верхніх шарах (0–10 см) в 2014 р. була дещо менша, а у більш глибоких (15–50 см) – була дещо вища, ніж у попередньому році. Характер просторової залежності агрегатної структури та твердості ґрунту відповідає ситуації попереднього року.

Фізіономічна структура рослинності також характеризується повторюваністю за своїми середніми показниками. Рівень просторової залежності варіювання фізіономічних типів II, III, V та VI – високий, а інших типів – помірний.

Таблиця 3.9

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на лесоподібному суглинку (2014 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.52±0.009	1.11	6.47	0.01	0.00	5.20	2.43	0.44
Agr_10	5.90±0.22	1.35	4.05	5.54	0.09	1.53	0.50	0.87
Agr_7_10	4.44±0.08	1.07	5.06	0.65	0.00	0.31	1.50	0.70
Agr_5_7	9.61±0.15	0.87	5.19	1.68	0.75	30.90	2.53	1.06
Agr_3_5	20.55±0.21	4.22	11.08	4.16	0.87	17.34	0.37	0.85
Agr_2_3	23.48±0.24	2.34	8.82	4.05	1.76	30.35	0.87	0.84
Agr_1_2	15.65±0.16	2.34	8.82	1.80	0.78	30.35	0.87	0.84
Agr_05_1	6.18±0.12	1.00	5.53	1.68	0.01	0.31	2.13	0.73
Agr_025_05	7.69±0.15	0.95	4.63	2.37	0.01	0.33	1.60	0.80
Agr_025	6.75±0.12	0.91	4.86	1.34	0.00	0.33	1.97	0.83
Im_05	2.48±0.09	0.84	5.84	0.58	0.26	30.91	3.63	1.17
Im_10	4.80±0.15	0.87	5.35	1.52	0.72	32.20	2.70	1.00
Im_15	6.85±0.15	0.88	4.21	2.17	0.01	0.33	1.53	0.85
Im_20	7.82±0.15	0.77	3.88	1.52	0.78	33.98	1.73	0.96
Im_25	7.68±0.13	0.82	4.68	1.59	0.26	14.11	2.33	0.89
Im_30	8.61±0.11	0.87	6.26	0.87	0.41	31.82	3.83	0.88
Im_35	8.80±0.12	0.78	4.63	0.52	0.26	33.17	2.50	0.94
Im_40	8.79±0.16	0.75	4.39	1.04	0.53	33.48	2.47	1.01
Im_45	9.18±0.12	0.93	4.66	0.78	0.37	31.98	1.70	0.98
Im_50	9.14±0.13	0.87	5.21	1.11	0.53	32.19	2.53	0.98
Type_1	9.94±0.20	0.94	5.89	2.93	1.34	31.41	2.83	1.04
Type_2	18.76±0.29	0.93	4.71	7.61	0.03	0.33	1.77	0.82
Type_3	18.43±0.48	0.88	5.47	16.26	0.05	0.33	2.77	0.90
Type_4	6.72±0.18	0.91	5.80	2.19	0.52	19.33	2.93	0.89
Type_5	8.05±0.19	0.72	3.18	3.27	0.01	0.35	1.27	0.93
Type_6	38.24±0.65	0.94	4.80	41.69	0.14	0.33	1.77	0.95
Hd	12.48±0.14	0.98	4.19	1.62	0.01	0.33	1.17	0.96
fH	5.36±0.14	2.46	6.70	1.47	0.24	14.13	0.40	1.01
Rc	8.07±0.06	4.89	10.50	0.20	0.09	32.09	0.23	0.97
Sl	8.18±0.07	0.74	3.69	0.30	0.15	33.40	1.70	1.03
Ca	11.32±0.03	0.79	3.62	0.07	0.00	0.34	1.37	0.96
Nt	7.98±0.10	0.77	6.81	0.68	0.34	33.54	6.10	1.20
Ae	6.64±0.06	1.18	3.63	0.41	0.01	1.89	0.53	0.95
Tm	9.68±0.06	1.05	3.63	0.42	0.00	0.33	0.70	0.94
Om	11.53±0.06	0.77	5.57	0.24	0.12	33.51	3.93	1.02
Kn	10.45±0.09	14.3	28.79	0.72	0.25	26.08	0.20	0.79
Cr	8.91±0.08	0.71	3.91	0.37	0.19	33.70	2.13	1.00
Lc	7.36±0.10	1.14	6.38	0.83	0.00	0.29	2.20	0.88

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Карра – порядок моделі Матерна; MSDR

Фітоіндикаційні оцінки вказують на підвищення вмісту засвоюваних форм азоту порівняно з попереднім роком, зростання показників омброклімату та зниження режиму освітлення. Рівень просторової залежності фітоіндикаційних шкал – високий або помірний.

Одержані результати свідчать про те, що показники електричної провідності дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках не виходять за межі критичного рівня, вище якого може спостерігатися фітотоксичний ефект [213]. Середній рівень та особливості просторового варіювання електричної провідності демонструють високий ступінь стабільності по роках. Те саме можна сказати про інші дослідженні екологічні властивості технозему: агрегатну структуру, твердість, структуру рослинного покриву.

3.4. Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині

Електрична провідність дерново-літогенного ґрунту на сіро-зеленій глині становить 0.78 ± 0.03 дСм/м (табл. 3.10). Цей показник характеризується високою просторовою складовою у своєму варіюванні ($SDL = 0.01\%$) з практичним радіусом впливу 7.05 м. Це вказує на співрозмірність густини точок опробування з масштабом варіювання електричної провідності ґрунту. Якщо врахувати, що електрична провідність є маркером багатьох властивостей ґрунту (вологість, мінералізація ґрунтового розчину, стан простору шпар та ін.), то можна вважати, що інші екологічно важливі властивості та режими дерново-літогенного ґрунту на сіро-зеленій глині також мають відповідну розмірність у своєму просторовому варіюванні. Серед агрегатних фракцій за вмістом переважають агрегати розміром 1–2, ..., 3–5 мм. Для усіх фракцій установлений високий рівень просторової залежності ($SDL = 0.001\text{--}6.3\%$). Практичний радіус впливу для просторового варіювання агрегатних фракцій знаходиться в діапазоні 0.89–1.34 м.

Таблиця 3.10

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на сіро-зеленій глині (2012 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL, %	Кappa	MSDR
EC	0.78±0.03	0.78	7.05	18.52	0.03	0.01	25.03	0.37
Agr_10	10.53±0.53	10.5	0.88	4.62	13.22	6.30	32.27	1.90
Agr_7_10	7.26±0.24	7.28	1.01	4.98	3.20	0.01	0.32	1.63
Agr_5_7	8.24±0.27	8.31	1.34	4.14	3.87	0.04	0.93	0.53
Agr_3_5	18.86±0.59	18.8	1.02	5.05	20.06	0.06	0.32	1.67
Agr_2_3	22.61±0.42	22.6	0.89	4.33	9.01	0.03	0.33	1.60
Agr_1_2	18.09±0.33	18.1	0.89	4.33	5.76	0.02	0.33	1.60
Agr_05_1	5.39±0.22	5.42	0.92	4.26	1.67	0.79	32.19	1.43
Agr_025_05	5.92±0.26	5.93	0.97	5.56	3.71	0.01	0.32	2.33
Agr_025	2.69±0.10	2.66	1.09	4.40	0.62	0.00	0.32	1.03
Im_05	2.16±0.08	2.17	7.11	7.67	0.55	0.04	6.96	0.07
Im_10	3.44±0.16	3.46	1.10	4.02	2.27	0.01	0.35	0.80
Im_15	4.97±0.08	4.97	0.94	2.83	0.60	0.01	1.96	0.50
Im_20	6.01±0.05	6.00	0.78	2.41	0.27	0.02	5.43	0.53
Im_25	6.55±0.07	6.60	0.81	2.50	0.22	0.01	5.12	0.53
Im_30	7.12±0.11	7.13	0.87	2.68	0.97	0.08	7.16	0.53
Im_35	7.22±0.13	7.40	0.67	3.56	0.58	0.29	33.75	1.93
Im_40	7.64±0.15	7.94	1.00	4.33	1.12	0.00	0.32	1.20
Im_45	8.09±0.16	8.24	0.60	1.86	2.02	0.03	1.34	0.53
Im_50	8.37±0.17	8.43	0.86	4.59	1.64	0.79	32.43	1.97
Type_1	8.28±0.42	8.39	0.95	7.63	13.39	0.04	0.31	4.93
Type_2	7.25±0.56	7.24	1.01	3.03	24.04	2.06	7.90	0.50
Type_3	18.75±1.02	18.9	0.84	6.33	63.95	28.94	31.16	4.33
Type_4	2.44±0.32	2.46	1.10	3.39	7.74	0.30	3.76	0.53
Type_5	9.31±0.44	9.18	1.03	4.96	15.19	0.05	0.32	1.57
Type_6	53.61±1.14	53.3	0.92	6.41	90.14	0.29	0.32	3.63
Hd	8.82±0.06	8.83	0.73	2.12	0.28	0.01	4.84	0.47
fH	6.49±0.04	6.56	0.91	2.82	0.15	0.004	2.60	0.53
Rc	7.82±0.05	7.82	0.90	6.33	0.16	0.08	31.48	3.67
Sl	7.79±0.07	7.79	0.96	3.60	0.41	0.001	0.33	0.87
Ca	9.60±0.06	9.60	1.11	5.63	0.34	0.001	0.30	1.77
Nt	4.38±0.05	4.38	152.51	164.4	0.22	0.07	24.03	0.07
Ae	5.17±0.04	5.16	1.08	3.23	0.18	0.003	1.93	0.50
Tm	9.63±0.06	9.63	1.25	3.95	0.38	0.001	0.32	0.57
Om	11.29±0.04	11.2	0.75	3.80	0.13	0.02	11.98	1.73
Kn	8.61±0.08	8.61	0.85	4.40	0.44	0.21	32.56	1.83
Cr	7.81±0.06	7.80	0.97	2.98	0.32	0.01	2.27	0.53
Lc	8.72±0.004	8.72	1.00	5.13	0.001	0.0003	19.54	1.80

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Кappa – порядок моделі Матерна; MSDR

Параметр *Карра* знаходиться у діапазоні 0.32–0.33 для переважної більшості фракцій, що вказує на наявність шорсткуватого просторового процесу, який найкращим чином може бути описаний за допомогою функції Вейса [99, 100]. Для агрегатних фракцій розміром > 10 та $0.5\text{--}1$ мм найкращою моделлю може бути Гаусова функція, а для фракції розміром $7\text{--}10$ мм – функція Уайтла [182, 238, 240]. Твердість у верхньому шарі дерново-літогенного ґрунту на сіро-зеленій глині становить 2.16 ± 0.08 МПа та збільшується з глибиною. Найбільш різке збільшення твердості спостерігається на глибині $15\text{--}20$ см, після чого зростання цього показника доволі помірне. Рівень просторової залежності варіювання твердості ґрунту дуже високий майже для усіх глибин. Помірний рівень просторової залежності встановлений для твердості на глибині $30\text{--}35$ см, та низький рівень просторової залежності – для глибини $45\text{--}50$ см. Практичний радіус впливу становить 7.11 м для твердості шару ґрунту $0\text{--}5$ см. Для інших шарів цей показник значно менший ($0.01\text{--}0.08$ м). Варіограми твердості ґрунту можуть бути апроксимовані різними функціями, що свідчить про суттєву гетерогенність процесів, які визначають закономірності просторового варіювання цього показника. Так, для твердості ґрунту на глибині $5\text{--}10$ та $35\text{--}40$ см найкращою буде функція Вейса [99, 100], а для інших глибин – Гаусова функція.

Вільна від рослинності поверхня ґрунту складає 53.61 ± 1.14 %. Найбільше проективне покриття встановлене для фізіономічного типу III. Усі фізіономічні типи, за винятком типу III, характеризуються високим рівнем просторової залежності, тип III характеризується помірним рівнем просторової залежності. Фітоіндикаційне оцінювання вказує на те, що режим зволоження дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зеленій глині є сприятливим для субксерофітів, а змінність зволоження сприятлива для гемігідроконтрастофобів. Режим кислотності – субацидофільний, сольовий режим – семіевтрофний. Вміст карбонатів створює умови, які сприятливі для гемікарбонатofilів. Режим забезпечення технозему засвоюваними формами

азоту сприятливий для субанітрофілів. Режим аерації сприятливий для субаерофілів. Режим освітлення такий, який характерний для відкритих просторів. Терморежим – субмезотермний, омброрежим – субаридофітний. У цілому, фітоіндикаційні оцінки вказують на геміокеанічний клімат з помірними зимами. Для усіх фітоіндикаційних шкал, за винятком шкали континентальності, характерний високий рівень просторової залежності ($SDL = 0.0003–0.08 \%$). Для шкали континентальності встановлений помірний рівень просторової залежності. Практичний рівень радіусу впливу становить 0.73–1.25 м (виняток – шкала азотного живлення, для якої цей показник становить 152.51 м). Гетерогенну природу варіювання екологічних режимів, які встановлені за допомогою фітоіндикаційних шкал, підтверджують різні значення параметру *Kappa*. Цей параметр вказує на те, що варіограми просторових процесів екологічних режимів можуть бути описані як дуже «шорсткуватий процес» (низькі значення параметру *Kappa* для *Sl*, *Ca*, *Tm* або дуже «гладкий процес» (великі значення параметру *Kappa* для *Rc*, *Nt*, *Kn*). У 2013 р. середній рівень електричної провідності ґрунту відповідав показникам попереднього року ($r = 0.74$, $p = 0.00$), при подібних показниках просторової залежності (табл. 3.11). Співвідношення вмісту агрегатних фракцій також відповідає агрегатній структурі попереднього року. Просторова залежність варіювання агрегатних фракцій дещо збільшилась як і практичний радіус впливу. Відповідно до значень *Kappa* характер просторового варіювання дещо змінився для таких агрегатних фракцій, як > 10 та 0.5–1 мм. Загальний рівень твердості ґрунту став дещо меншим. Характер профільного розподілу значень твердості не змінився. Рівень просторової залежності твердості ґрунту майже в усіх шарах зменшився. Для усіх шарів практичний радіус впливу становив 1.9–8.4 м. У фізіономічній структурі рослинності у 2013 р. відбулись певні перебудови в порівнянні з попереднім роком. Домінуючим типом став тип II. Для усіх фізіономічних типів, за винятком типів II та III, характерний високий рівень просторової залежності.

Таблиця 3.11

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на сіро-зеленій глині (2013 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.69±0.02	0.88	5.14	0.02	0.01	33.04	2.43	1.08
Agr_10	10.16±0.39	0.81	5.36	7.97	3.53	30.68	3.23	0.75
Agr_7_10	7.43±0.20	0.93	2.95	1.71	0.01	0.33	0.57	1.00
Agr_5_7	7.89±0.17	0.90	3.12	1.36	0.00	0.33	0.70	0.93
Agr_3_5	19.03±0.54	1.03	4.54	16.52	0.05	0.32	1.27	0.73
Agr_2_3	27.14±0.36	0.91	3.12	6.65	0.02	0.33	0.70	0.96
Agr_1_2	14.62±0.19	0.91	3.12	1.93	0.01	0.33	0.70	0.96
Agr_05_1	5.27±0.18	1.08	5.20	1.64	0.01	0.31	1.57	0.68
Agr_025_05	5.80±0.20	1.03	6.63	2.10	0.01	0.30	3.03	0.49
Agr_025	2.65±0.09	1.03	5.51	0.49	0.00	0.31	2.00	0.66
Im_05	1.62±0.11	1.04	5.14	1.06	0.00	0.32	1.67	0.84
Im_10	3.28±0.14	1.10	4.54	1.56	0.00	0.32	1.07	0.87
Im_15	4.64±0.09	0.81	4.74	0.50	0.05	8.59	2.43	1.03
Im_20	5.65±0.07	4.20	8.41	0.27	0.13	31.76	0.20	0.98
Im_25	6.00±0.06	0.86	5.81	0.23	0.11	32.11	3.33	1.06
Im_30	6.31±0.10	0.74	2.84	0.61	0.00	0.34	0.90	0.98
Im_35	6.52±0.13	0.57	2.18	0.94	0.00	0.35	0.90	1.00
Im_40	6.55±0.14	0.90	5.27	1.16	0.52	30.96	2.43	1.07
Im_45	6.81±0.13	0.74	3.53	1.04	0.53	33.76	1.50	1.03
Im_50	6.93±0.13	0.64	1.97	1.51	0.05	2.97	0.53	1.00
Type_1	10.72±0.18	1.19	5.64	2.79	0.01	0.30	1.50	1.03
Type_2	18.73±0.12	0.89	3.13	1.17	0.00	0.33	0.73	1.00
Type_3	8.63±0.08	1.01	5.59	0.46	0.21	31.10	2.17	1.01
Type_4	2.92±0.06	1.06	4.40	0.37	0.00	0.32	1.10	0.95
Type_5	10.87±0.11	1.56	6.06	0.49	0.25	33.50	0.93	0.98
Type_6	48.13±0.15	0.89	4.34	1.85	0.01	0.33	1.60	0.92
Hd	12.43±0.13	1.08	4.08	1.44	0.00	0.32	0.87	0.90
fH	6.72±0.11	1.21	3.73	1.11	0.03	2.49	0.53	0.93
Rc	6.77±0.11	0.97	6.10	1.11	0.00	0.31	2.90	0.75
Sl	8.73±0.05	0.80	8.05	0.19	0.07	26.30	8.00	0.93
Ca	10.69±0.05	1.04	3.13	0.20	0.00	0.66	0.50	1.01
Nt	6.20±0.17	3.29	9.28	2.51	0.27	9.63	0.43	0.87
Ae	6.09±0.06	0.87	5.08	0.30	0.00	0.33	2.40	0.79
Tm	9.63±0.07	0.92	6.20	0.29	0.15	34.76	3.37	0.83
Om	10.80±0.07	1.29	4.17	0.25	0.14	34.78	0.60	1.01
Kn	9.93±0.11	3.16	9.47	1.27	0.00	0.28	0.50	0.81
Cr	8.02±0.14	0.80	6.93	1.04	0.38	26.71	5.73	0.79
Lc	8.95±0.02	1.52	11.10	0.03	0.01	27.83	4.00	1.16

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Кappa – порядок моделі Матерна; MSDR

У свою чергу, для типів II та III встановлений помірний рівень просторової залежності. Також слід відмітити збільшення значень практичного радіусу впливу просторової варіації проективного покриття фізіономічних типів рослинності. Фітоіндикаційна оцінка режиму зволоження вказала на значне збільшення забезпечення водними ресурсами технозему в 2013 р. порівняно з попереднім. Водний режим слід визнати як сприятливий для мезофітів. Рівень вмісту карбонатів піднявся до карбонатofilного. Азотний режим став нітрофільним. Інші фітоіндикаційні оцінки повторюють значення попереднього року. Для багатьох фітоіндикаційних оцінок рівень просторової залежності суттєво зменшився. Показники практичного радіусу впливу збільшились (за винятком шкали азотного живлення). У 2014 р. показники електричної провідності ґрунту та агрегатного складу відповідали значенням попереднього року (табл. 3.12). Кореляція електропровідності ґрунту в двох послідовних роках склала $r = 0.74$, $p = 0.00$, що свідчить про високий рівень повторюваності просторових патернів. Дещо збільшилась частка фракції 0.25–0.5 мм. Просторова залежність електричної провідності та агрегатних фракцій була дуже високою. Характер профільного розподілу показників твердості також характеризується повторюваністю порівняно з попередніми роками. Характер просторової залежності агрегатної структури та твердості ґрунту відповідає ситуації попереднього року. Фізіономічна структура рослинності також характеризується повторюваністю за своїми середніми показниками. Рівень просторової залежності варіювання для всіх фізіономічних типів був дуже високий. Фітоіндикаційні оцінки вказують на підвищення показників кислотності, вмісту засвоюваних форм азоту порівняно з попереднім роком, зростання показників омброклімату та зниження режиму освітлення. Рівень просторової залежності фітоіндикаційних шкал – високий. Одержані результати свідчать про те, що показники електричної провідності дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зеленій глині не виходять за межі критичного рівня, вище якого може спостерігатися фітотоксичний ефект [213].

Таблиця 3.12

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на сіро-зеленій глині (2014 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.67±0.01	0.69	1.00	2.52	0.02	0.00	3.27	0.33
Agr_10	10.00±0.30	9.96	0.85	4.55	8.80	0.03	0.34	2.00
Agr_7_10	5.19±0.14	5.19	1.30	4.00	2.03	0.03	1.57	0.53
Agr_5_7	7.23±0.15	7.24	0.86	3.88	2.23	0.01	0.34	1.33
Agr_3_5	19.39±0.24	19.4	1.27	4.11	6.21	0.02	0.31	0.60
Agr_2_3	27.24±0.15	27.2	0.77	4.14	1.57	0.78	33.19	2.03
Agr_1_2	14.67±0.11	14.6	1.10	3.64	1.16	0.00	0.32	0.63
Agr_05_1	5.56±0.11	5.55	0.73	3.28	1.28	0.00	0.35	1.33
Agr_025_05	7.48±0.15	7.42	0.91	5.04	2.46	0.01	0.33	2.13
Agr_025	3.54±0.09	3.52	0.83	3.86	0.77	0.00	0.34	1.43
Im_05	1.62±0.11	1.64	1.01	5.32	1.04	0.00	0.31	1.90
Im_10	3.28±0.13	3.31	1.07	4.94	1.53	0.00	0.31	1.40
Im_15	4.56±0.07	4.56	0.66	2.87	0.35	0.15	29.57	1.20
Im_20	5.57±0.05	5.58	1.48	4.98	0.30	0.00	0.31	0.67
Im_25	5.92±0.05	5.92	0.94	2.90	0.22	0.00	0.99	0.53
Im_30	6.34±0.05	6.35	1.23	3.78	0.27	0.00	0.95	0.53
Im_35	6.53±0.08	6.52	0.96	2.87	0.56	0.00	0.33	0.50
Im_40	6.46±0.11	6.49	9.24	12.87	0.92	0.42	31.30	0.10
Im_45	6.66±0.11	6.67	0.91	4.68	1.20	0.00	0.33	1.83
Im_50	6.83±0.10	6.82	0.90	4.78	1.08	0.00	0.33	1.93
Type_1	10.78±0.18	10.6	1.07	6.35	1.82	0.01	0.30	2.50
Type_2	18.72±0.13	18.6	1.04	4.86	0.86	0.00	0.32	1.43
Type_3	8.63±0.08	8.63	1.14	6.23	0.37	0.00	0.30	2.10
Type_4	2.91±0.06	2.92	1.13	5.25	0.28	0.00	0.31	1.43
Type_5	10.86±0.11	10.9	0.87	5.43	0.52	0.00	0.33	2.80
Type_6	48.10±0.16	48.1	0.94	5.06	1.31	0.00	0.32	2.03
Hd	12.28±0.13	12.2	1.09	3.85	1.01	0.51	33.59	0.73
fH	6.20±0.15	6.14	0.94	5.91	2.19	0.01	0.32	2.87
Rc	8.12±0.06	8.11	1.62	4.99	0.37	0.00	0.30	0.53
Sl	8.02±0.08	8.03	17.53	37.68	0.54	0.18	24.46	0.23
Ca	10.59±0.05	10.5	1.06	5.23	0.22	0.00	0.31	1.63
Nt	7.91±0.07	7.91	0.79	3.91	0.35	0.17	32.87	1.63
Ae	6.02±0.07	6.02	1.19	4.34	0.38	0.00	0.35	0.80
Tm	9.45±0.07	9.46	1.05	4.85	0.40	0.00	0.32	1.40
Om	11.43±0.05	11.4	1.53	3.85	0.16	0.07	29.71	0.33
Kn	10.35±0.09	10.3	1.03	5.91	0.82	0.00	0.31	2.33
Cr	8.74±0.07	8.87	0.70	3.14	0.34	0.00	0.35	1.33
Lc	7.43±0.10	6.65	1.07	3.83	0.85	0.00	0.32	0.77

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Карра – порядок моделі Матерна; MSDR

Середній рівень та особливості просторового варіювання електричної провідності демонструють високий ступінь стабільності по роках. Те саме можна сказати про інші дослідженні екологічні властивості технозему: агрегатну структуру, твердість, структуру рослинного покриву.

3.5. Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині

Електрична провідність дерново-літогенного ґрунту на червоно-бурій глині становила у 2012 р. 0.55 ± 0.010 дСм/м (табл. 3.13). Цей показник характеризується високою просторовою складовою у своєму варіюванні ($SDL = 0.14 \%$) з практичним радіусом впливу 1.21 м. Це вказує на співрозмірність густини точок опробування з масштабом варіювання електричної провідності ґрунту. Якщо врахувати, що електрична провідність є маркером багатьох властивостей ґрунту (вологість, мінералізація ґрунтового розчину, стан простору шпар та ін.), то можна вважати, що інші екологічно важливі властивості та режими дерново-літогенного ґрунту на червоно-бурій глині також мають відповідну розмірність у своєму просторовому варіюванні. Серед агрегатних фракцій за вмістом переважають агрегати розміром > 10 мм та 1–2, ..., 3–5 мм. Для усіх фракцій, за виключенням агрегатів розміром > 10 мм, установлений високий рівень просторової залежності ($SDL = 0.01\text{--}7.89 \%$). Можна припустити, що механізми формування агрегатів розміром > 10 мм у цьому типі техноземів мають гетерогенну природу, внаслідок чого і просторовий характер варіювання не може бути чітко описаний за допомогою однієї варіограми. Практичний радіус впливу для просторового варіювання агрегатних фракцій знаходиться в діапазоні 0.75–1.03 м.

Таблиця 3.13

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на червоно-бурій глині (2012 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL, %	Kappa	MSDR
EC	0.55±0.010	0.54	1.21	6.94	0.01	0.00	8.87	2.33
Agr_10	23.15±0.99	23.0	0.93	5.68	71.04	32.67	31.50	2.67
Agr_7_10	7.81±0.24	7.74	0.84	5.49	3.55	0.01	0.34	3.13
Agr_5_7	8.33±0.32	8.17	0.84	6.52	6.18	1.30	17.36	4.60
Agr_3_5	14.39±0.46	14.3	1.03	6.00	14.58	0.05	0.31	2.43
Agr_2_3	13.33±0.46	13.1	0.83	8.19	16.59	1.96	10.58	7.73
Agr_1_2	18.54±0.60	18.6	0.85	3.50	16.41	7.89	32.47	1.07
Agr_05_1	4.19±0.20	4.18	0.75	3.90	2.38	1.18	33.22	1.87
Agr_025_05	6.07±0.30	6.03	0.77	3.90	4.32	2.20	33.76	1.73
Agr_025	3.33±0.18	3.34	1.02	5.30	2.36	0.01	0.32	1.87
Im_05	3.16±0.08	3.17	0.83	4.43	0.43	0.21	32.64	1.97
Im_10	4.48±0.13	4.46	0.88	5.17	1.03	0.49	32.22	2.47
Im_15	5.38±0.07	5.37	0.87	4.85	0.52	0.00	0.34	2.20
Im_20	6.20±0.06	6.20	0.93	3.50	0.37	0.00	0.33	0.87
Im_25	6.70±0.06	6.70	3.03	7.31	0.23	0.11	33.06	0.30
Im_30	7.32±0.06	7.31	0.86	5.38	0.30	0.00	0.34	2.87
Im_35	7.61±0.08	7.71	0.87	4.37	0.31	0.00	0.34	1.70
Im_40	7.79±0.11	7.87	0.71	4.18	0.59	0.30	33.80	2.43
Im_45	8.05±0.11	8.07	1.13	4.76	0.69	0.36	34.53	1.13
Im_50	8.22±0.10	8.20	0.90	4.86	0.92	0.00	0.33	2.03
Type_1	6.61±0.31	6.64	1.02	5.16	5.32	2.81	34.59	1.73
Type_2	27.38±0.39	27.4	23.42	53.50	18.33	4.68	20.33	0.27
Type_3	18.84±0.64	18.8	1.05	3.13	25.51	1.85	6.76	0.50
Type_4	2.70±0.19	2.87	0.94	7.53	3.61	0.01	0.31	4.93
Type_5	9.39±0.18	9.39	0.00	0.00	2.82	0.17	5.61	0.03
Type_6	35.05±0.90	34.7	23.43	32.64	1.64	0.23	12.40	0.10
Hd	10.69±0.15	11.0	0.86	6.41	1.57	0.01	0.33	4.17
fH	6.82±0.10	6.83	1.22	5.95	0.91	0.00	0.29	1.60
Rc	6.58±0.08	6.57	1.35	4.05	0.52	0.00	0.95	0.50
Sl	8.79±0.07	8.79	0.93	5.07	0.46	0.00	0.33	2.10
Ca	10.28±0.05	10.2	0.82	3.91	0.17	0.08	32.74	1.53
Nt	5.01±0.17	5.11	0.80	6.74	1.56	0.70	30.96	5.43
Ae	5.88±0.08	5.96	60.41	137.9	1.06	0.16	13.14	0.27
Tm	9.47±0.07	9.46	2.63	7.87	0.40	0.00	0.29	0.50
Om	11.24±0.07	11.2	0.94	5.49	0.24	0.13	34.88	2.40
Kn	8.38±0.14	8.35	1.05	5.89	1.75	0.01	0.31	2.23
Cr	8.65±0.15	8.61	10.68	26.92	2.42	0.42	14.90	0.33
Lc	8.74±0.004	8.74	4.83	5.21	0.00	0.00	30.69	0.07

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Карра – порядок моделі Матерна; MSDR

Твердість у верхньому шарі дерново-літогенного ґрунту на червоно-бурій глині становить 3.16 ± 0.08 МПа та збільшується з глибиною. Найбільш різке збільшення твердості спостерігається на глибині 35–40 см, після чого зростання цього показника доволі помірне. Рівень просторової залежності варіювання твердості ґрунту дуже високий. Практичний радіус впливу варіює у межах 0.71–3.03 м. Вільна від рослинності поверхня ґрунту складає 35.05 ± 0.90 %. Найбільше проективне покриття встановлене для фізіономічних типів II та III. Усі фізіономічні типи характеризуються високим рівнем просторової залежності. Фітоіндикаційне оцінювання вказує на те, що режим зволоження дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурій глині є сприятливим для субмезофітів, а змінність зволоження сприятлива для гемігідроконтрастофобів. Режим кислотності – ацидофільний, сольовий режим – семіевтрофний. Вміст карбонатів створює умови, які сприятливі для гемікарбонатofilів. Режим забезпечення технозему засвоюваними формами азоту сприятливий для гемінітрофілів. Режим аерації сприятливий для субаерофілів. Режим освітлення такий, який характерний для відкритих просторів. Терморежим – субмезотермний, омброрежим – субаридофітний. У цілому, фітоіндикаційні оцінки вказують на геміокеанічний клімат з м'якими зимами. Для усіх фітоіндикаційних шкал характерний високий рівень просторової залежності ($SDL = 0.00\text{--}0.70$ %). Практичний рівень радіусу впливу становить 0.8–10.7 м (виняток – шкала аерації, для якої цей показник становить 60.41 м).

У 2013 р. середній рівень електричної провідності ґрунту відповідав показникам попереднього року. Також був високим рівень просторової залежності цього показника при значному зростанні практичного радіусу впливу з 1.21 м у 2012 р. до 6.29 м у 2013 р. (табл. 3.14). Співвідношення вмісту агрегатних фракцій також відповідає агрегатній структурі попереднього року. Слід відзначити зростання вмісту фракції розміром > 10 мм та суттєве зменшення вмісту фракцій розміром 2–10 мм.

Таблиця 3.14

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на червоно-бурій глині (2013 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.59±0.02	1.10	6.29	0.01	0.00	0.31	2.33	0.62
Agr_10	27.07±0.56	0.77	5.81	8.72	4.32	33.11	4.23	0.75
Agr_7_10	6.01±0.16	-	-	10.29	0.63	5.75	0.13	0.72
Agr_5_7	5.89±0.24	0.85	5.26	4.20	0.01	0.34	2.77	0.69
Agr_3_5	11.59±0.36	1.33	5.47	9.26	0.03	0.30	1.07	0.81
Agr_2_3	11.65±0.41	0.92	5.89	10.69	0.03	0.32	2.97	0.66
Agr_1_2	18.45±0.45	0.79	6.95	12.07	4.90	28.88	6.00	0.62
Agr_05_1	4.71±0.18	0.96	5.51	2.51	0.01	0.32	2.30	0.61
Agr_025_05	10.01±0.22	0.98	5.49	3.15	0.01	0.32	2.23	0.73
Agr_025	4.61±0.11	0.96	5.60	0.86	0.00	0.32	2.43	0.56
Im_05	2.08±0.10	2.89	6.60	0.58	0.28	32.32	0.27	1.04
Im_10	3.89±0.14	0.89	4.90	1.27	0.60	32.15	2.13	1.14
Im_15	4.83±0.10	0.78	3.93	0.54	0.27	32.95	1.73	1.12
Im_20	5.43±0.06	0.00	0.00	0.09	0.02	15.74	0.10	1.01
Im_25	5.82±0.07	0.78	4.80	0.27	0.14	33.18	2.73	1.04
Im_30	5.95±0.11	1.12	4.99	0.67	0.36	34.59	1.30	1.02
Im_35	6.02±0.15	0.99	5.28	1.67	0.19	10.22	1.97	1.09
Im_40	6.20±0.14	0.85	4.62	0.98	0.48	32.54	2.07	1.00
Im_45	6.48±0.15	0.99	2.97	1.56	0.03	1.95	0.50	1.00
Im_50	6.76±0.14	0.99	3.04	1.04	0.05	4.73	0.53	1.00
Type_1	6.50±0.31	0.96	3.90	6.01	0.02	0.33	1.03	0.85
Type_2	28.61±0.29	1.27	4.84	6.76	0.02	0.31	0.90	0.75
Type_3	18.98±0.46	0.00	0.00	7.45	0.22	2.84	0.03	1.01
Type_4	2.59±0.20	0.96	8.24	3.24	0.01	0.30	5.67	0.27
Type_5	8.55±0.27	0.79	6.57	3.17	1.63	34.00	5.23	0.69
Type_6	34.77±0.70	1.11	5.62	30.75	0.09	0.30	1.73	0.58
Hd	12.34±0.15	0.96	5.18	1.89	0.01	0.32	2.03	0.95
fH	6.05±0.12	0.88	4.05	1.23	0.00	0.33	1.40	0.86
Rc	6.57±0.10	1.08	5.16	0.93	0.00	0.31	1.53	0.94
Sl	8.50±0.06	0.93	5.73	0.22	0.10	31.61	2.77	1.13
Ca	10.89±0.05	0.87	4.61	0.18	0.08	32.40	1.93	1.02
Nt	6.10±0.16	0.78	7.14	1.68	0.76	31.28	6.43	0.84
Ae	6.39±0.06	0.97	5.27	0.35	0.00	0.32	2.07	0.88
Tm	10.01±0.06	0.98	3.02	0.34	0.02	5.93	0.53	1.00
Om	10.43±0.07	0.89	5.33	0.26	0.12	30.87	2.60	1.01
Kn	9.27±0.08	1.16	8.35	0.42	0.17	29.33	3.83	0.95
Cr	7.92±0.17	1.13	4.53	2.74	0.01	0.32	1.00	1.03
Lc	8.76±0.00	1.00	4.88	0.00	0.00	32.01	1.60	0.90

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Кappa – порядок моделі Матерна; MSDR

Просторова залежність варіювання агрегатних фракцій 1–2 мм значно зменшилась. Значно від попереднього року відрізнявся практичний радіус впливу для агрегатів усіх розмірів. Загальний рівень твердості ґрунту став дещо меншим. Характер профільного розподілу значень твердості не змінився. Рівень просторової залежності твердості ґрунту в усіх шарах зменшився до помірного. Для усіх шарів, за винятком 15–20 см, практичний радіус впливу становив 3–6,6 м. Для шару 15–20 см цей показник дорівнював нулю.

Фізіономічна структура рослинності у 2013 р. повторювала цю властивість попереднього року. Для усіх фізіономічних типів, за винятком типу V, характерний високий рівень просторової залежності. У свою чергу, для типу V встановлений помірний рівень просторової залежності. Також слід відмітити деякі флуктуації значень практичного радіусу впливу, які можна визнати незначними.

Фітоіндикаційна оцінка режиму зволоження вказала на збільшення забезпечення водними ресурсами технозему в 2013 р. порівняно з попереднім до гідромезофітного рівня. Також встановлено збільшення терморежиму та континентальності. Інші фітоіндикаційні оцінки повторюють значення попереднього року. Для багатьох фітоіндикаційних оцінок рівень просторової залежності зменшився, а радіус впливу – збільшився.

У 2014 р. показники електричної провідності ґрунту та агрегатного складу відповідали значенням попереднього року (табл. 3.15). Кореляція електропровідності ґрунту в двох послідовних роках склала $r = 0.75$, $p = 0.00$, що свідчить про високий рівень повторюваності просторових патернів. Просторова залежність електричної провідності – висока. Характер профільного розподілу показників твердості також характеризується повторюваністю порівняно з попередніми роками. Характер просторової залежності агрегатної структури та твердості ґрунту – високий.

Таблиця 3.15

Статистичні та геостатистичні характеристики дерново-літогенного ґрунту на червоно-бурій глині (2014 р.)

Показник	Середня± ст. помилка	Phi	Pr_Range	Sill	Nugget	SDL	Kappa	MSDR
EC	0.55±0.01	0.54	1.10	5.92	0.01	0.00	1.54	2.03
Agr_10	27.02±0.38	26.8	14.89	24.32	11.14	4.84	30.28	0.13
Agr_7_10	5.97±0.14	6.06	46.86	76.55	1.94	0.65	25.27	0.13
Agr_5_7	5.90±0.20	5.97	0.83	4.91	3.87	0.01	0.34	2.50
Agr_3_5	11.64±0.29	11.6	1.26	5.16	9.49	0.03	0.30	1.07
Agr_2_3	11.66±0.32	11.6	0.90	5.66	10.59	0.03	0.33	2.83
Agr_1_2	18.55±0.39	18.3	0.79	6.99	11.28	5.12	31.21	6.00
Agr_05_1	4.64±0.15	4.71	0.96	5.54	2.26	0.01	0.32	2.37
Agr_025_05	9.98±0.17	10.0	0.93	5.22	2.93	0.01	0.33	2.20
Agr_025	4.58±0.09	4.62	0.97	5.57	0.94	0.00	0.32	2.33
Im_05	2.07±0.09	2.05	0.83	5.25	0.54	0.26	32.65	2.93
Im_10	3.90±0.14	3.90	3.28	5.36	1.23	0.59	32.50	0.13
Im_15	4.90±0.09	5.10	1.21	4.63	0.24	0.13	34.49	0.90
Im_20	5.43±0.06	5.43	0.72	2.72	0.34	0.00	0.34	0.87
Im_25	5.64±0.06	5.68	0.91	4.61	0.32	0.00	0.33	1.77
Im_30	5.93±0.11	5.95	1.32	4.47	0.78	0.38	32.83	0.67
Im_35	5.93±0.14	6.00	0.88	4.29	1.71	0.01	0.33	1.60
Im_40	6.12±0.13	6.33	0.89	5.20	0.84	0.00	0.33	2.40
Im_45	6.43±0.15	6.73	1.15	3.45	0.71	0.00	0.32	0.50
Im_50	6.72±0.14	7.11	0.87	3.75	0.43	0.00	0.34	1.20
Type_1	6.36±0.26	6.68	3.10	8.13	4.03	1.15	22.27	0.37
Type_2	28.41±0.26	28.4	1.00	5.95	7.16	0.02	0.31	2.50
Type_3	19.43±0.43	19.4	0.92	3.69	10.73	0.04	0.33	1.00
Type_4	2.51±0.18	2.82	0.96	8.04	2.82	0.01	0.30	5.40
Type_5	8.52±0.22	8.72	0.80	5.64	3.55	1.75	32.98	3.73
Type_6	34.92±0.63	34.8	1.14	5.57	33.32	0.10	0.30	1.60
Hd	11.83±0.12	12.0	0.95	4.27	1.46	0.00	0.33	1.33
fH	5.61±0.13	5.61	0.72	2.20	1.62	0.04	2.64	0.53
Rc	7.81±0.05	7.81	0.84	2.59	0.28	0.01	2.62	0.53
Sl	8.15±0.07	8.14	1.03	4.46	0.47	0.00	0.32	1.20
Ca	10.76±0.04	10.7	0.80	2.47	0.17	0.00	1.00	0.53
Nt	8.49±0.07	8.47	10.84	17.71	0.92	0.14	13.30	0.13
Ae	6.79±0.06	6.78	0.90	5.09	0.39	0.00	0.33	2.27
Tm	9.73±0.05	9.73	1.22	4.45	0.27	0.00	0.31	0.80
Om	10.98±0.06	10.9	0.94	4.65	0.40	0.00	0.33	1.63
Kn	10.06±0.09	10.0	1.02	3.46	0.83	0.00	0.33	0.67
Cr	8.12±0.08	8.13	1.20	4.05	0.67	0.00	0.31	0.67
Lc	7.24±0.07	7.24	1.04	3.20	0.45	0.01	2.57	0.53

Умовні позначки: Phi – радіус впливу, м; Pr_Range – практичний радіус впливу, м; Sill – частковий поріг; Nugget – наггет-ефект; SDL – рівень просторової залежності, %; Карра – порядок моделі Матерна; MSDR

Фізіономічна структура рослинності також характеризується повторюваністю за своїми середніми показниками. Рівень просторової залежності варіювання усіх фізіономічних типів – високий. Фітоіндикаційні оцінки вказують на підвищення показників кислотності, вмісту засвоюваних форм азоту порівняно з попереднім роком, зростання показників омброклімату та зниження режиму освітлення. Рівень просторової залежності фітоіндикаційних шкал – високий або помірний. Одержані результати свідчать про те, що показники електричної провідності дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурій глині не виходять за межі критичного рівня, вище якого може спостерігатися фітотоксичний ефект [213].

Середній рівень та особливості просторового варіювання електричної провідності демонструють високий ступінь стабільності по роках. Те саме можна сказати про інші дослідженні екологічні властивості технозему: агрегатну структуру, твердість, структуру рослинного покриву.

Висновки по розділу

1. Візуальний аналіз цифрових зображень поверхні досліджуваних ділянок дозволив виявити кілька типів образів, які були ідентифіковані як фізіономічні типи рослинності та відкрита поверхня ґрунту. Окремий тип образів, які добре ідентифікуються на знімках, представляє сухостій – мертві рослини, позбавлені зеленого кольору. Важливими фізіономічними типами є синузії, основу яких складають злаки, рослини жабриці рівнинної, латука татарського або компасного, бобові.
2. Перевагою кількісних показників фізіономічних типів є функціональна насиченість їх змісту та формальність (об'єктивність) процедури визначення. Також значною перевагою є швидкість одержання польових матеріалів, можливість їх збереження на цифрових носіях, що дозволяє повернутися до них знову в разі потреби. Можливість одержувати значні обсяги польових даних у комбінації з фіксацією координат відбору проб дозволяють розглядати фізіономічні типи як важливий інструмент створення баз просторово координованих даних. Фізіономічні типи рослинного покриву

можуть виступати у якості кількісних характеристик рослинності, а також можуть розглядатися як екогеографічні змінні для описання екологічних умов існування інших компонентів екосистем.

3. Дослідження екологічних властивостей техноземів показало високу стабільність їх показників у часі. Рівень електричної провідності верхнього ґрунтового шару техноземів не перевищує критичного значення, вище якого спостерігається фітотоксичний ефект. Показники твердості перевищують критичний рівень 3 МПа вже з глибини 5–10 см. Просторове варіювання показників твердості техноземів може впливати на особливості просторової організації рослинного угруповання та на особливості розміщення наземних молюсків.

РОЗДІЛ 4

ДИНАМІКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА СТІЙКІСТЬ УГРУПОВАНЬ МОЛЮСКІВ
ТЕХНОЗЕМІВ

4.1. Динаміка чисельності молюсків техноземів

У межах досліджених техноземів було встановлено наявність чотирьох видів наземних молюсків: *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), *Monacha* (*Monacha*) *cartusiana* (O.F. Muller, 1774), *Chondrula tridens* (O.F. Muller, 1774), *Helix* (*Helix*) *lucorum* Linnaeus, 1758. Одержані дані свідчать про те, що чисельність молюска *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828) у досліджених біотопах варіює в межах від 3.68 ± 0.43 до 74.55 ± 4.46 екз./м² (рис. 4.1). Чисельність населення молюсків статистично вірогідно відрізняється між дослідженими типами техноземів (множинний критерій Краскала-Уолліса $H = 1812.7$, $p < 0.001$). Найбільш сприятливі умови для цього виду молюсків формуються в дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках. Менш сприятливі умови формуються в біотопах у педоземах, а найбільш екстремальними є дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах. Протягом періоду дослідження встановлена тенденція зниження чисельності *Brephulopsis cylindrica* по роках ($H = 52.3$, $p < 0.001$). Загальною особливістю є тенденція зменшення чисельності молюсків протягом року ($H = 24.6$, $p = p < 0.001$). Але залежно від типу технозему та рік від року можуть спостерігатися відхилення від вказаної закономірності. Так, у 2012 р. по усіх техноземах чисельність молюска зменшувалась протягом року. У 2013 р. влітку на лесах та сіро-зелених глинах спостерігався локальний мінімум чисельності, а в педоземах та на червоно-бурих глинах навпаки влітку спостерігався локальний максимум чисельності *Brephulopsis cylindrica*. У 2013 р. в усіх типах техноземів, за винятком лесоподібних суглинків, восени спостерігався локальний максимум чисельності.

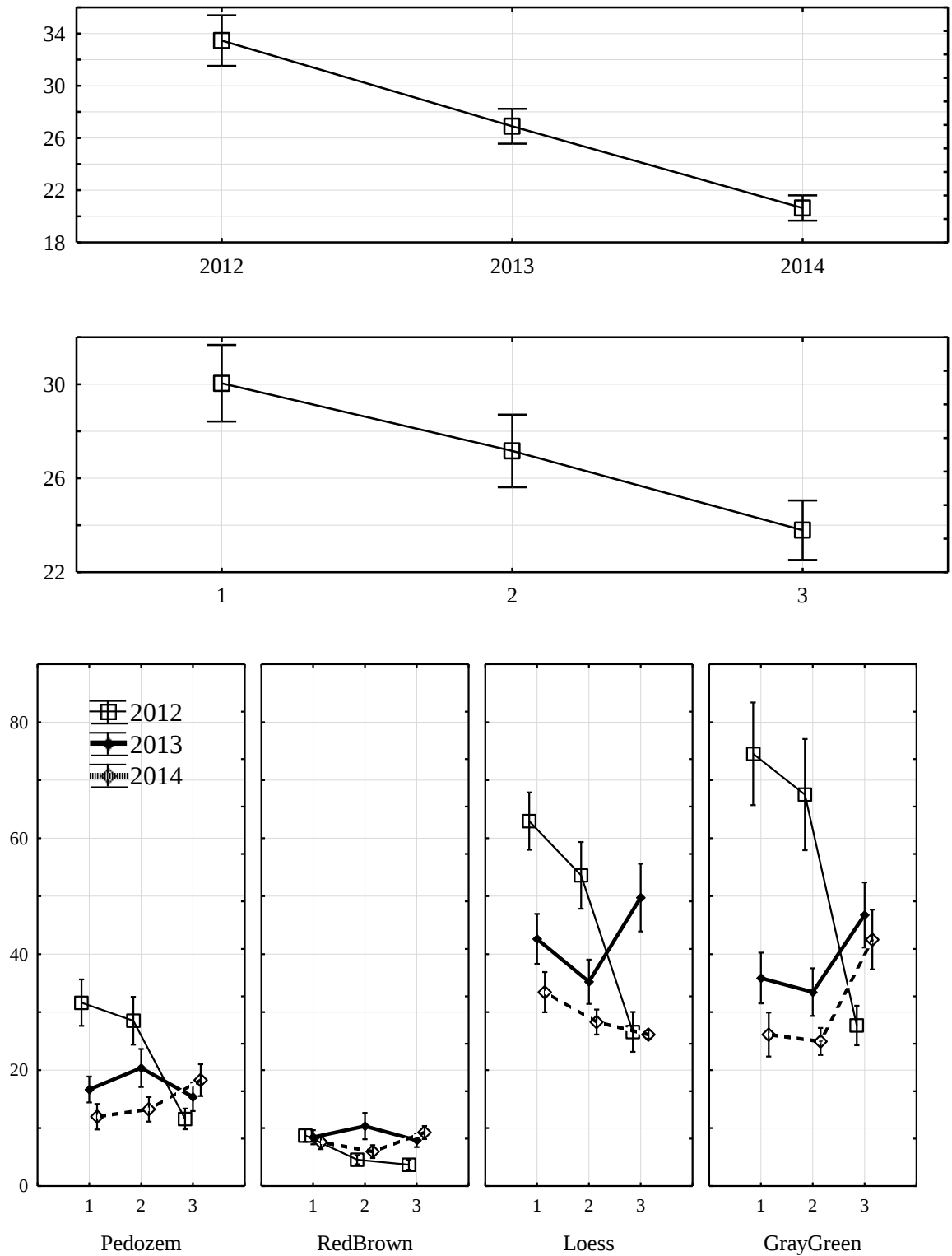


Рис. 4.1. Динаміка чисельності популяції *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828) у різних типах техноземів (середня $\pm$ 95 % довірчий інтервал, в екз./м²)

Примітка: Сезони: 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; техноземи: Pedozem – педозем; RedBrown – дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині; Loess – дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку; GrayGreen – дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині

В дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках локальний максимум спостерігався навесні. Відхилення від загальної тенденції зниження чисельності протягом року можливе за умов загального низького рівня чисельності молюсків навесні. Можна припустити, що за умов високої щільності популяції головним механізмом зміни чисельності протягом року є смертність та (або) еміграція, а за умов низької щільності головним механізмом є імміграція. Найчастіше логнормальна модель та модель Ципфа-Мандельброта дають найкращі результати для аналітичного описання емпіричних даних по чисельності *Brephulopsis cylindrica* (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Кількість найкращих моделей, які описують розподіл чисельності *Brephulopsis cylindrica* у різних типах техноземів за сезони року

Тип технозему або сезон року	Модель**	
	Lognormal	Mandelbrot
Тип технозему		
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	3	6
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	4	5
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	5	4
Педозем	4	5
Сезон*		
1	7	5
2	6	6
3	3	9
Всього	16	20

Примітка: * сезони 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; ** моделі Lognormal – логнормальна; Mandelbrot – Ципфа-Мандельброта

Модель Ципфа-Мандельброта є найкращою у трохи більшій кількості випадків, ніж логнормальна модель. Для населення *Brephulopsis cylindrica* дерново-літогенного ґрунту на лесоподібному суглинку модель Ципфа-Мандельброта дає найкращі результати у значній кількості випадків, а для інших типів техноземів спостерігається майже паритет між цими моделями. Для весняного сезону спостерігається незначна перевага логнормальної

моделі у опису розподілу чисельності *Brephulopsis cylindrica*. Влітку моделі мають паритет у описовій здатності, а восени пріоритет має модель Ципфа-Мандельброта.

Таким чином, розподіли чисельності *Brephulopsis cylindrica* в типах техноземів, які суттєво відмінні за умовами існування цього виду, що позначається у загальному рівні чисельності та особливостях перебігу динаміки чисельності, можуть бути описані двома моделями – логнормальною та моделлю Ципфа-Мандельброта. Модель Ципфа дуже наближена до моделі Ципфа-Мандельброта і доволі вірогідно, що для того, щоб обґрунтовано обрати одну з них треба більший за об'ємом матеріал. Модель Мотомури добре описує системи з високим рівнем конкурентних взаємовідносин. Модель зламаного стрижня навпаки, описує ситуацію з випадковим розміщенням компонентів системи, що можливо за умов достатку ресурсів та відсутності суттєвої конкуренції. Таким чином, одержані результати свідчать про те, що такі альтернативи, як жорстка конкуренція в популяції *Brephulopsis cylindrica*, так і повна відсутність конкуренції, можуть бути відхилені. Модель Ципфа-Мандельброта, а також логнормальна модель, описують системи, які характеризуються складною організацією та нелінійною відповіддю на зовнішні впливи. У якості одного з механізмів формування такої організації можуть виступати конкурентні взаємовідносини як між представниками одного виду, так і різних видів угруповання. Ми можемо припустити, що роль конкурентних взаємовідносин є варіабельною і може змінюватися від стану повного контролю за динамікою популяції (як цього вимагає модель Мотомури) до відсутності конкуренції (за умови чого виникає здатність моделі зламаного стрижня описати спостережуваний розподіл).

Модель Ципфа-Мандельброта також може описувати системи, які характеризуються фрактальними властивостями. Наявність фрактальних властивостей показана для популяцій наземних молюсків [154]. Це дозволяє висловити гіпотезу про наявність ієрархічної організації просторової

структури популяцій наземних молюсків, які сформовані на основі техноземів.

Чисельність молюска *Monacha (Monacha) cartusiana* (O.F. Muller, 1774) у досліджених біотопах варіює у діапазоні від 2.25 ± 0.27 до 18.64 ± 1.08 екз./м² (рис. 4.2). Чисельність населення молюсків статистично вірогідно відрізняється між дослідженими типами техноземів (множинний критерій Краскала-Уолліса $H = 324.14$, $p = 0.000$). Найбільш сприятливі умови для цього виду молюсків формуються в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках та на червоно-бурих глинах. Менш сприятливі умови формуються в біотопах на дерново-літогенних глинах на сіро-зелених глинах, а найбільш екстремальними є педоземи.

Протягом періоду досліджень найбільша чисельність *Monacha cartusiana* спостерігалась у 2012 р., а мінімальна – у 2013 р. Міжрічні розбіжності чисельності статистично вірогідні ($H = 125.9$, $p = 0.00$). Для усієї вибірки роль сезонних змін чисельності протягом року статистично вірогідна ($H = 38.60$, $p = 0.00$). Загальною тенденцією є зниження чисельності молюсків влітку та стабілізація чисельності в період літо-осінь. Чисельності влітку та восени статистично вірогідно не розрізняються ($H = 1.53$, $p = 0.37$). Найбільш чітко тенденція зменшення чисельності протягом року спостерігалась у 2012р. по усіх типах техноземів. У 2013 р. зниження чисельності протягом року відбулось тільки в педоземах та дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурій глині. В цьому році в техноземах на лесоподібних суглинках та сіро-зелених глинах відбулось зростання чисельності молюсків восени. В 2014 р. на фоні загального низького рівня чисельності відбувались флуктуаційні коливання чисельності *Monacha cartusiana* протягом року у досліджених типах техноземів.

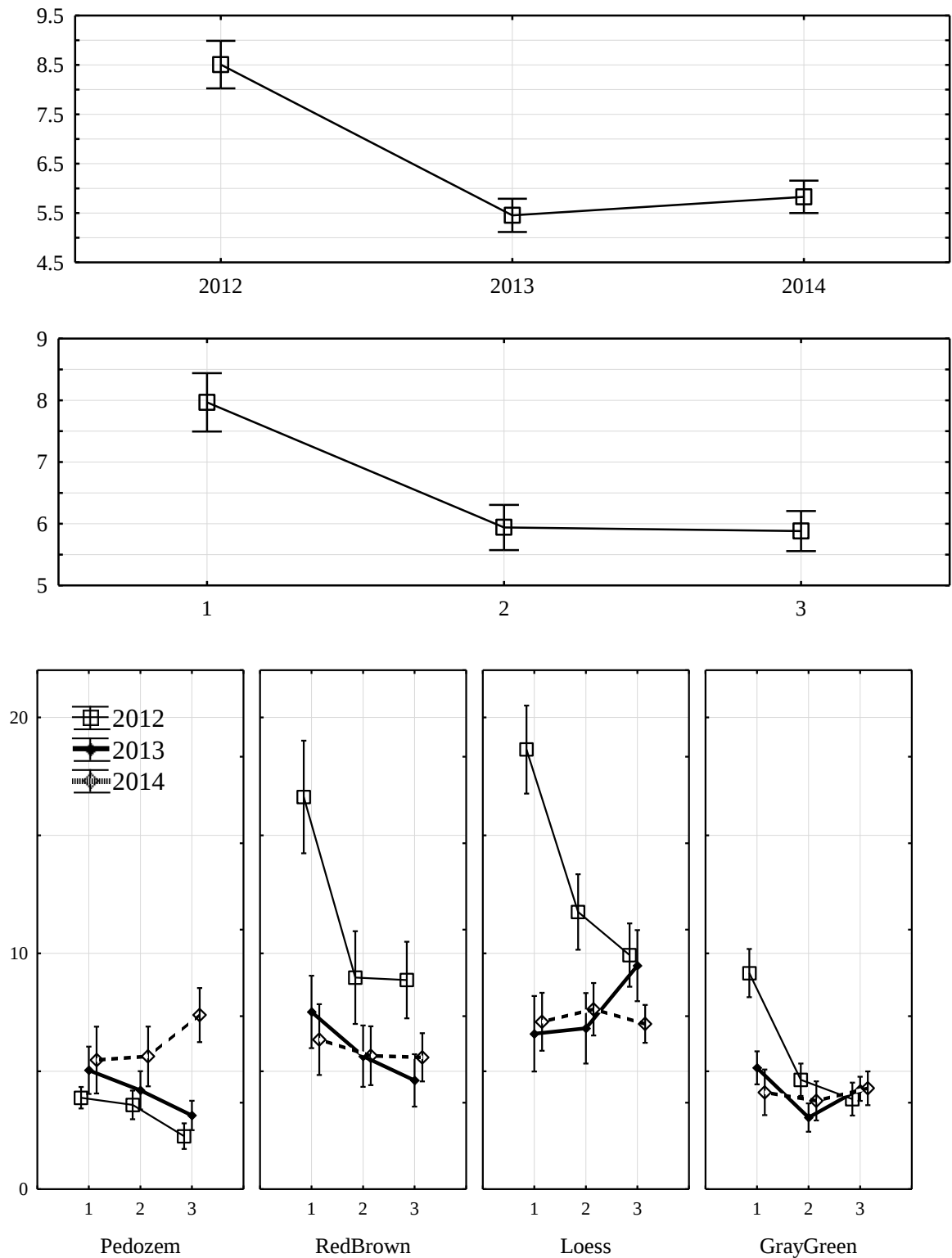


Рис. 4.2. Динаміка чисельності популяції *Monacha (Monacha) cartusiana* (O.F. Muller, 1774) у різних типах техноземів (середня±ст. помилка, в екз./м²)

Примітка: сезони: 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; техноземи: Pedozem – педозем; RedBrown – дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині; Loess – дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку; GrayGreen – дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині

Таким чином, чим менший загальний рівень чисельності молюсків, тим менш чітко варіювання чисельності *Monacha cartusiana* протягом сезону. Для червоно-бурих глин та лесоподібних суглинків характерна тенденція зниження чисельності протягом сезону з більш різким перепадом чисельності між весною та літом. Для педоземів характерна стабільна чисельність цього молюску протягом року, а для сіро-зелених глин характерний літній мінімум чисельності та компенсаційне зростання чисельності восени.

З розглянутих моделей статистичного розподілу чисельності молюсків *Monacha cartusiana* найчастіше найкращими пояснювальними можливостями характеризується логнормальна модель (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Кількість найкращих моделей, які описують розподіл чисельності *Monacha cartusiana* у різних типах техноземів за сезони року

Тип технозему або сезон року	Модель**			
	Lognormal	Mandelbrot	Preemption	Null
Тип технозему				
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	4	3	1	1
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	4	5	–	–
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	7	–	2	
Педозем	6	2	1	–
Сезон*				
1	5	5	2	–
2	8	2	1	1
3	8	3	1	–
Всього	21	10	4	1

Примітка: * сезони 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; ** моделі Lognormal – логнормальна; Mandelbrot – Ципфа-Мандельброта; Preemption – Мотомури; Null – зламаного стрижня

У меншій кількості випадків, але досить регулярно, добру пояснювальну здатність за критерієм Акаїке демонструє модель Ципфа-Мандельброта. В окремих випадках розподіл чисельності молюска *Monacha*

cartusiana найкраще описують моделі Мотомури або зламаного стрижня. За переважанням пояснювальної здатності тієї або іншої моделі статистичного розподілу чисельності моллюсків типи техноземів можна оцінити тільки у контексті найбільш загальних тенденцій. Так, для технозему на червоно-бурій глині та педозему характерне значне домінування логнормальної моделі розподілу чисельності. Для техноземів на лесоподібному суглинку та сіро-зеленій глині характерний майже рівний паритет логнормальної моделі та моделі Ципфа-Мандельброта.

Розподіл чисельності *Monacha cartusiana* у весняний період найкраще може бути описаний моделями Ципфа-Мандельброта та логнормальною моделлю. Літні та осінні розподіли найкраще описуються моделлю Ципфа-Мандельброта. У сезонному аспекті відбувається зсув типів розподілу від таких, які переважно пояснюються навесні та влітку законом Ципфа до таких, що переважно пояснюються законом Мотомури восени.

Таким чином, динаміка у часі населення *Monacha cartusiana* супроводжується зміною особливостей статистичного розподілу чисельності цього виду. Модель Ципфа вказує на можливість співпадіння сприятливих режимів, внаслідок чого може відбуватися значне та різке збільшення чисельності цього виду. Можливість таких спалахів більшою мірою характерна для біотопів на лесоподібних суглинках, які можна охарактеризувати як в цілому найбільш сприятливі для існування цього виду. Але загальний рівень варіювання екологічних режимів може призводити до набуття одним із різноманіття екологічних факторів обмежуючих рівнів, внаслідок чого чисельність *Monacha cartusiana* може різко знижуватися. За наявності високого рівня варіабельності чисельності самі розподіли є певною мірою інваріантними ознаками населення, які зберігають константність своїх властивостей.

Чисельність *Chondrula tridens* (O. F. Muller, 1774) варіює у межах від 1.38 ± 0.20 до 11.90 ± 1.06 екз./м² (рис. 4.3).

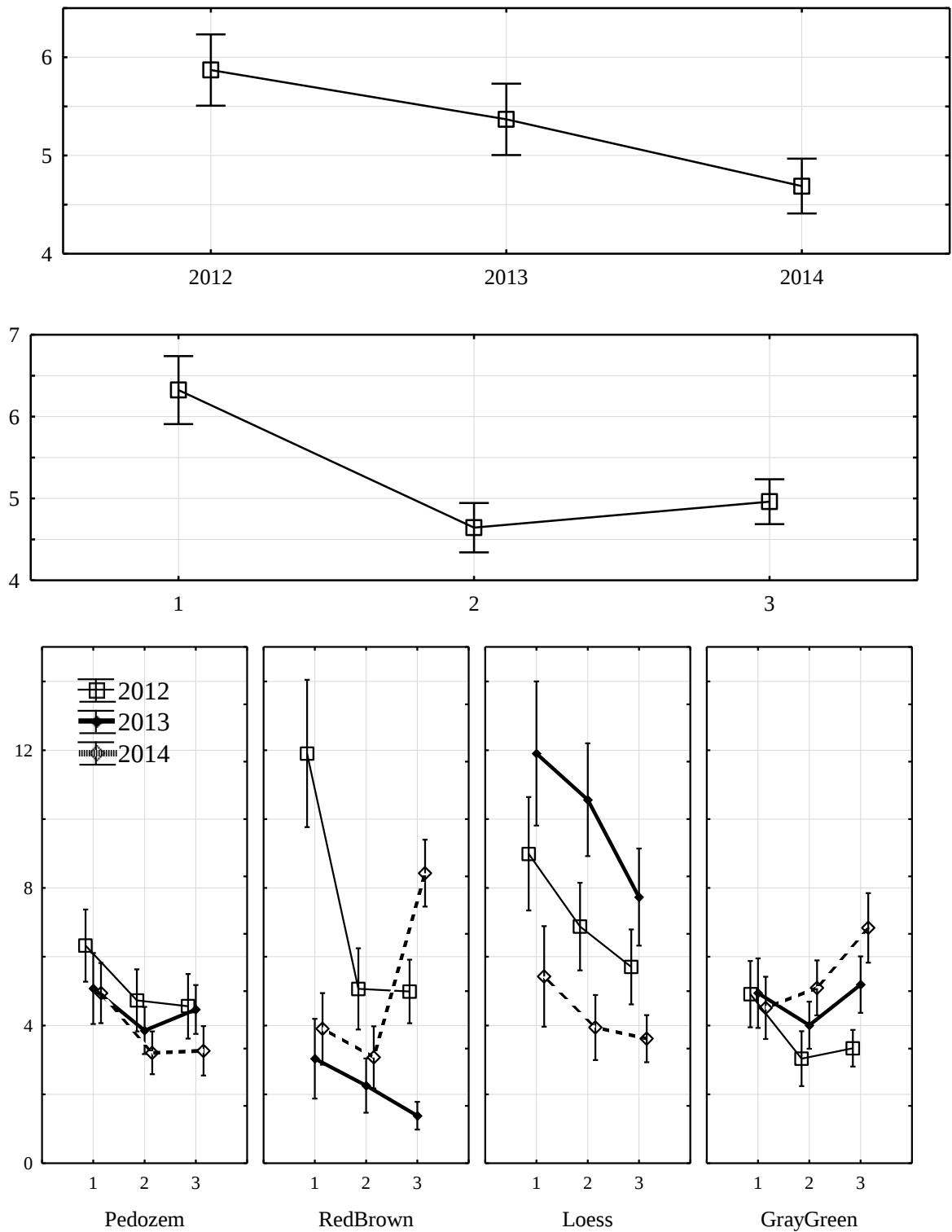


Рис. 4.3. Динаміка чисельності популяції *Chondrula tridens* (O.F. Muller, 1774) у різних типах техноземів (середня±ст. помилка, в екз./м²)

Примітка: сезони: 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; техноземи: Pedozem – педозем; RedBrown – дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині; Loess – дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку; GrayGreen – дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині

Чисельність населення молюсків статистично вірогідно відрізняється між дослідженими типами техноземів (множинний критерій Краскала-Уолліса $H = 81.04$, $p = 0.000$). Найбільша щільність населення *Chondrula tridens* для дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках. Значно менша щільність населення цього молюска на червоно-бурих глинах, та найменша – в педоземах та сіро-зелених глинах (щільність населення в двох останніх техноземах статистично вірогідно не розрізняється $H = 0.58$, $p = 1.00$). Протягом періоду досліджень по роках спостерігалось зниження чисельності *Chondrula tridens* ($H = 21.66$, $p = 0.000$). У сезонному аспекті динаміка чисельності характеризується максимумом навесні та мінімумом – влітку. Осіннє підняття чисельності незначне порівняно з рівнем чисельності населення *Chondrula tridens* влітку. Сезонний патерн чисельності є статистично вірогідним ($H = 34.78$, $p = 0.000$). Відмінності чисельності влітку та восени – статистично не вірогідні ($H = 1.86$, $p = 0.18$). Слід відзначити, що залежно від типу технозему та рік від року спостерігаються суттєві відхилення від встановленого сезонного патерну мінливості чисельності *Chondrula tridens*. Для лесоподібних суглинків характерна низхідна динаміка чисельності *Chondrula tridens* протягом усього року. З меншою амплітудою варіювання аналогічний патерн характерний також для педоземів. Значна варіабельність сезонної динаміки характерна для червоно-бурих глин. У 2012р. після спалаху чисельності весною відбулось різке зниження чисельності влітку та подальша стабілізація восени. В 2013 р. спостерігалось монотонне зниження чисельності протягом усього року з дуже низьким стартовим показником навесні. У 2013 р. вслід за локальним мінімумом чисельності влітку відбувся спалах численності восени.

Для описання розподілу чисельності молюска *Chondrula tridens* найкращими властивостями характеризується модель Ципфа (табл. 4.3). Значно їй поступається модель Ципфа-Мандельброта. Для усіх типів техноземів та за всі періоди сезону значення модель Ципфа має значну перевагу над усіма іншими дослідженими моделями.

Молюск *Helix (Helix) lucorum* Linnaeus, 1758 стабільно зустрічається в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках та часто стабільно зустрічався в 2012 та 2013 рр. у біотопі на сіро-зеленій глині. На педоземі цей вид зустрінутий два рази, а на червоно-бурій глині – тільки один раз (табл. 4.4). У біотопі на червоно-бурій глині чисельність *Helix lucorum* сягає 1.60 ± 0.25 екз./м², а на сіро-зеленій глині – 0.50 ± 0.13 екз./м². У педоземі чисельність цього виду не перевищувала 0.34 ± 0.11 екз./м², а в біотопі на червоно-бурій глині – 0.04 ± 0.04 екз./м².

Таблиця 4.3

Кількість найкращих моделей, які описують розподіл чисельності *Chondrula tridens* (O.F. Muller, 1774) у різних типах техноземів за сезони року

Тип технозему або сезон року	Модель**			
	Lognormal	Mandelbrot	Zipf	Null
Тип технозему				
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	1	2	5	1
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	–	2	7	–
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	–	3	6	–
Педозем	–	1	8	–
Сезон*				
1	–	4	7	1
2	1	1	10	–
3	–	3	9	–
Всього	1	8	26	1

Примітка: * сезони 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; ** моделі Lognormal – логнормальна; Mandelbrot – Ципфа-Мандельброта; Zipf – Ципфа; Null – зламаного стрижня

Для населення *Helix lucorum* дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках встановлена тенденція зменшення чисельності протягом періоду досліджень. Для сіро-зелених глин чисельність в 2012 та 2013 рр. виду була стабільною, а в 2013 р. відбулось його зниження. Фрагментарні збори *Helix lucorum* в інших типах техноземів не дають змогу

відтворити тенденції динаміки виду в них. На лесоподібних суглинках протягом року для динаміки *Helix lucorum* встановлений максимум чисельності навесні, який змінюється меншим плато влітку та восени. Для сіро-зелених глин спостерігається тенденція збільшення чисельності протягом всього року.

Таблиця 4.4

Чисельність популяцій *Helix (Helix) lucorum* Linnaeus, 1758 у різних типах техноземів (середня $\pm$ ст. помилка, в екз./м²)

Тип технозему	Рік	Термін відбору		
		1	2	3
Дерново-літогенний грунт на червоно-бурій глині	2012	–	–	–
	2013	–	–	–
	2014	0.04 $\pm$ 0.04	–	–
Дерново-літогенний грунт на лесоподібному суглинку	2012	1.60 $\pm$ 0.25	0.46 $\pm$ 0.15	0.69 $\pm$ 0.16
	2013	0.53 $\pm$ 0.17	1.07 $\pm$ 0.22	0.72 $\pm$ 0.17
	2014	0.53 $\pm$ 0.14	0.30 $\pm$ 0.13	0.30 $\pm$ 0.13
Педозем	2012	0.04 $\pm$ 0.04	–	–
	2013	–	0.34 $\pm$ 0.11	–
	2014	–	–	–
Дерново-літогенний грунт на сіро-зеленій глині	2012	0.38 $\pm$ 0.13	0.19 $\pm$ 0.08	0.19 $\pm$ 0.08
	2013	0.11 $\pm$ 0.07	0.27 $\pm$ 0.10	0.50 $\pm$ 0.13
	2014	–	0.04 $\pm$ 0.04	–

Примітка: 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь

Розподіли чисельності *Helix lucorum* найкраще можуть бути описані моделлю Мотомури та зламаного стрижня (табл. 4.5). Для населення молюсків цього виду в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках найкраще підходить модель Ципфа. Для населення дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зеленій глині кращою є модель Мотомури. Розподіл чисельності в епізодичних спалахах *Helix lucorum* описуються моделями зламаного стрижня або логнормальною чи Ципфа.

У сезонному аспекті існує певне переважання тієї або іншої моделі для описання розподілу чисельності молюсків *Helix lucorum*. Навесні перевагу має модель зламаного стрижня, влітку – модель Мотомури, а восени майже

рівні можливості демонструють моделі зламаного стрижня, Ципфа, логнормальна та Мотомури з незначним переважанням моделі Ципфа.

Таким чином, значне переважання описових здатностей двох моделей – Мотомури та зламаного стрижня – вказує на певний рівень інваріантності статистичних розподілів чисельності молюска *Helix lucorum* у діапазоні екологічних умов, які формуються в техноземах.

Таблиця 4.5

Кількість найкращих моделей, які описують розподіл чисельності *Helix (Helix) lucorum* Linnaeus, 1758 у різних типах техноземів за сезони року

Тип технозему або сезон року	Модель			
	Preemption	Zipf	Lognormal/ Zipf	Null
Тип технозему				
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	3	4	–	2
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	4	–	1	2
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	–	–		1
Педозем	–	–	1	1
Сезон*				
1	2	2	–	3
2	4	–	1	2
3	1	2	1	1
Всього	7	4	2	6

Примітка: * сезони 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь; ** моделі Lognormal – логнормальна; Preemption – Мотомури; Zipf – Ципфа; Null – зламаного стрижня

Два типи техноземів – лесоподібні суглинки та сіро-зелені глини – формують стабільно сприятливі умови для існування молюсків *Helix lucorum*. У двох інших типах – педоземи та червоно-бурі глини – представники цього виду зустрічаються спорадично. Можна припустити два механізми такого роду результату. Це особливості екологічних умов, або історія розселення молюсків. Слід вказати, що *Helix lucorum* – це досить великі тварини і за умов досить екстремальних умов техногенних ґрунтів можуть представляти

привабливий трофічний об'єкт як для птахів та ссавців. Тому зникнення мікропопуляцій *Helix lucorum* на певних ділянках та повторне розселення може бути досить звичайним явищем. Факультативний характер популяцій *Helix lucorum*, які сформовані у техноземах, підтверджується моделями, які найбільш придатні для описання розподілів їх чисельностей. При заселенні загально придатної, але вільної території, розподіл чисельності може визначатися випадковими чинниками, що може бути описано за допомогою моделі зламаного стрижня. Стрімке освоєння раніше вільної території може наблизити популяцію до повного заповнення екологічного простору, внаслідок чого можуть виникати напружені конкурентні відносини, що відповідає моделі Мотомура. Слід вказати, що значні розміри моллюсків *Helix lucorum* вказують на те, що екологічний простір може бути заповнений цим видом навіть при порівняно малій чисельності. Ми бачимо, що найбільш облігатний характер має населення *Helix lucorum* лесоподібних суглинків, про що свідчить перевага моделі Ципфа.

4.2. Порівняння найкращих моделей розподілу чисельності моллюсків

Найкращою здатністю для описання розподілів чисельності видів моллюсків техноземів володіють логнормальна модель, модель Ципфа та Ципфа-Мандельброта (табл. 4.6). Види моллюсків характеризують певною специфікою переліку моделей, які найкращим чином описують чисельність їх населення в техноземах. Так, для найбільш чисельних моллюсків *Brephulopsis cylindrica* та *Monacha cartusiana* найкращими є логнормальна модель та модель Ципфа-Мандельброта. Для менш чисельного виду *Chondrula tridens* найкращою є модель Ципфа, та меншою мірою – модель Ципфа-Мандельброта. Розподіл чисельності представників більш рідкісного виду *Helix lucorum* найчастіше описується моделями поламаного стрижня або Мотомури.

Таблиця 4.6

Кількість найкращих моделей, які описують розподіл чисельності видів
моллюсків техноземів

Види	Моделі*					–
	Lognormal	Mandelbrot	Null	Preemption	Zipf	
<i>Brephulopsis cylindrica</i>	16	20	–	–	–	–
<i>Chondrula tridens</i>	1	8	1	–	26	–
<i>Helix lucorum</i>	2	–	6	7	4	17
<i>Monacha cartusiana</i>	21	10	1	4	–	–
Загальна кількість	40	38	8	11	30	17

Примітка: * моделі Lognormal – логнормальна; Mandelbrot – Ципфа-Мандельброта; Preemption – Мотомури; Zipf – Ципфа; Null – зламаного стрижня

Перелік та співвідношення переважних моделей, які здатні найкраще описати чисельність моллюсків техноземів, майже незмінні у часі по роках (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Кількість найкращих моделей, які описують розподіл чисельності видів
моллюсків техноземів у різні часові періоди

Часові періоди	Моделі*					—
	Lognormal	Mandelbrot	Null	Preemption	Zipf	
Роки						
2012	12	16	2	4	9	5
2013	17	10	2	4	10	5
2014	11	12	4	3	11	7
Сезони**						
1	12	14	4	4	9	5
2	16	9	3	5	10	5
3	12	15	1	2	11	7
Загальна кількість	40	38	8	11	30	17

Примітка: * моделі Lognormal – логнормальна; Mandelbrot – Ципфа-Мандельброта; Preemption – Мотомури; Zipf – Ципфа; Null – зламаного стрижня; ** сезони 1 – весна; 2 – літо; 3 – осінь

У сезонному аспекті навесні та восени порівняно частіше перевагу має модель Ципфа-Мандельброта, а влітку – логнормальна модель. Моделі Ципфа, Мотомури та зламаного стрижня характеризуються інваріантністю у

часовому аспекті. Для кожного типу техноземів характерний специфічний спектр моделей, які найкращим чином описують розподіли чисельностей молюсків (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Кількість найкращих моделей, які описують розподіл чисельності видів молюсків у різних типах техноземів

Техноземи	Моделі*					–
	Lognormal	Mandelbrot	Null	Preemption	Zipf	
Лесоподібний суглинок	8	11	4	4	9	
Педозем	11	8	1	1	8	7
Сіро-зелена глина	9	12	2	4	7	2
Червоно-бура глина	12	7	1	2	6	8
Загальна кількість	40	38	8	11	30	17

Примітка: * моделі Lognormal – логнормальна; Mandelbrot – Ципфа-Мандельброта; Preemption – Мотомури; Zipf – Ципфа; Null – зламаного стрижня

Логнормальна модель найчастіше є ефективною для описання населення молюсків на червоно-бурій глині та на педоземі. Модель Ципфа-Мандельброта найкраще описує розподіл чисельності молюсків на лесоподібних суглинках та на сіро-зеленій глині. Модель зламаного стрижня найчастіше придатна для описання популяцій молюсків на лесоподібних суглинках. Модель Мотомури ефективна також на лесоподібних суглинках та на сіро-зеленій глині, а модель Ципфа – для лесоподібних суглинків та педоземів.

Таким чином, характер та перелік моделей, які найкраще описують розподіли чисельності молюсків є специфічними для видів та типів техноземів та у цілому є інваріантними у часі. Видоспецифічність обумовлена станом динаміки популяцій молюсків. Види з високим загальним рівнем чисельності, що свідчить про в цілому сприятливі умови існування, характеризуються розподілами, які добре описуються логнормальною моделлю або моделлю Ципфа-Мандельброта. Можна вважати, що вказані моделі маркують сталий стан популяцій молюсків, що дозволяє вибудувати

складні взаємовідносини, які поєднують як конкуренцію між особинами популяцій, міжвидову конкуренцію та можливість реалізації репродуктивного потенціалу за умов сприятливого екологічного оточення. Чисельність факультативних популяцій, які формуються переважно за рахунок міграційних процесів в умовах періодичного вимирання мікропопуляційних угруповань, найчастіше описується моделями Мотомури або зламаного стрижня.

4.3. Стійкість угруповань молюсків

Варіювання чисельності молюсків в просторі та часі у межах досліджених полігонів певним чином пов'язане. Попарне графічне порівняння вказує на те, що між чисельністю видів існує позитивний кореляційний зв'язок, наявність якого можна пояснити спільними рисами екології наземних молюсків у цілому (рис. 4.4).

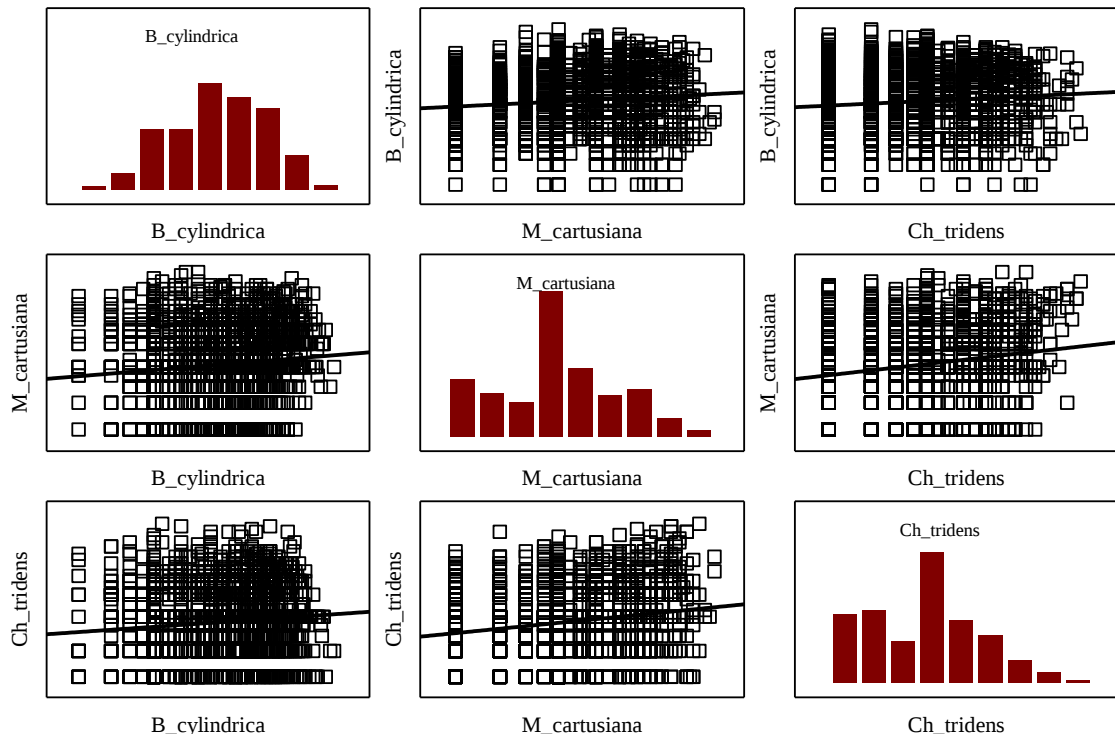


Рис. 4.4. Гістограми розподілу чисельності видів молюсків (логарифмовані дані) та попарні діаграми розсіювання

Цей результат підтверджується розрахунками коефіцієнтів кореляції чисельності видів (табл. 4.9). У цілому по усім полігонам та за період досліджень найбільшим кореляційним зв'язком характеризується пара видів *Ch. tridens* та *M. cartusiana*. Характер міжвидових зв'язків має свою специфіку залежно від типу біогеоценозу. Так, на сіро-зелених глинах найбільшим кореляційним зв'язком характеризується пара *B. cylindrica* та *M. cartusiana*, а кореляція між *B. cylindrica* та *Ch. tridens* має зворотній знак.

Таблиця 4.9

Кореляційні матриці чисельності молюсків (верхня напівматриця – коефіцієнти кореляції Пірсона для логарифмованих даних, нижня напівматриця – коефіцієнти кореляції Спірмена для даних без трансформації) (наведені тільки вірогідні коефіцієнти кореляції для $p < 0,05$)

Види	<i>B. cylindrica</i>	<i>M. cartusiana</i>	<i>Ch. tridens</i>
Загалом			
<i>B. cylindrica</i>	1.00	0.10	0.09
<i>M. cartusiana</i>	0.12	1.00	0.18
<i>Ch. tridens</i>	0.10	0.18	1.00
Сіро-зелені глини			
<i>B. cylindrica</i>	1.00	0.27	-0.08
<i>M. cartusiana</i>	0.26	1.00	0.11
<i>Ch. tridens</i>	–	0.12	1.00
Лесоподібні суглинки			
<i>B. cylindrica</i>	1.00	0.19	0.11
<i>M. cartusiana</i>	0.22	1.00	0.10
<i>Ch. tridens</i>	0.13	0.12	1.00
Педоземи			
<i>B. cylindrica</i>	1.00	–	–
<i>M. cartusiana</i>	–	1.00	0.17
<i>Ch. tridens</i>	–	0.17	1.00
Червоно-бурі глини			
<i>B. cylindrica</i>	1.00	0.10	–
<i>M. cartusiana</i>	0.10	1.00	0.27
<i>Ch. tridens</i>	–	0.27	1.00

Для угруповання наземних молюсків лесоподібних суглинків характерні позитивні кореляційні зв'язки. Найбільший зв'язок встановлений

між *B. cylindrica* та *M. cartusiana*. Рівень узгодженості динаміки молюсків в педоземах суттєво нижчий, ніж в інших типах техноземів. Між чисельністю молюсків в цьому типі техноземів існує статистично вірогідний кореляційний зв'язок тільки між *M. cartusiana* та *Ch. tridens*. У червоно-бурих глинах статистична вірогідна кореляція встановлена для пари видів *M. cartusiana* та *Ch. Tridens*, а також пари *M. cartusiana* та *B. cylindrica*. Кореляція чисельності може бути результатом подібного реагування популяцій молюсків на впливи екологічних факторів, а також може виникати як результат міжвидових взаємодій. Слід відзначити, що встановлені кореляційні коефіцієнти є статистично вірогідними, але дуже малими за модулем. Це свідчить про встановлені тільки у загальному вигляді залежності між чисельностями тварин в техноземах. Ми можемо припустити, що реальні екологічні зв'язки можуть бути значно більш складними. Складність може виражатися у нелінійності взаємозв'язків, зміні характеру зв'язків у часі, більш складному характері взаємодій, ніж попарні стосунки між видами. Тим не менш, встановлена наявність статистично вірогідних зв'язків чисельності видів молюсків вказує на наявність узгодженої їх динаміки, що свідчить про формування системних властивостей угруповань тварин, які виникли в техногенних місцеперебуваннях. Слід також зауважити не тільки на ту обставину, що техноземи повністю були створені людиною у процесі технологічної діяльності, але й на те, що техноземи зазнавали сільськогосподарського застосування і формування перелогу відбувається тільки декілька років. Механічний обробіток ґрунту в процесі сільськогосподарського застосування земель залишає можливості життя тільки для мікромолюсків. У свою чергу періодичне знищення рослинного покриву, сівозміна, механічне розпушення ґрунту робили ці ділянки вкрай екстремальними для життя наземних молюсків. Відновлення рослинного покриву, його формування високим різноманіттям видів рослин, створили умови для існування угруповання молюсків та формування тісних екологічних зв'язків, які формують передумови для виникнення в екосистемі

властивості стійкості. Стійкість угруповання є функцією цілісності системи. Наявність властивості стійкості є умовою стабільної та ефективної функціональної активності угруповання. В умовах рекультивації земель та відновлення родючості рекультоземів важливим аспектом функціональної активності угруповань живих організмів є виконання ними екосистемних сервісів та активізація динаміки перетворення штучного ґрунтоподібного тіла, яким на початкових етапах існування є рекультоземи, утворення, які за своїми властивостями та структурою повністю відповідають природним аналогам. Положення про стійкість як властивість екосистеми в цілому дозволяє нам, результати оцінки стійкості тільки угруповання наземних молюсків, транслювати на екосистему в цілому. Інакше кажучи, стійкість кожної підсистеми цілісної системи є індикатором стійкості екосистеми у цілому. Це положення є наслідком уявлення про цілісність екосистем та наявність у них фрактальних властивостей, що виявляється у тому, що частина меншого масштабного рангу в цілому повторює властивості частини більш високого масштабного рангу, або усієї системи в цілому.

Важливим етапом виявлення властивостей стійкості угруповання є встановлення залежності швидкості зміни чисельності видів угруповання у часі від стану угруповання у даний момент часу. Динамічні рівняння для молюсків ділянки рекультивації встановлені від'ємні статистично вірогідні регресійні коефіцієнти, які вказують вплив того самого виду на швидкість зміни його чисельності (табл. 4.10). Такий результат свідчить на негативний зворотній зв'язок чисельності виду у її динаміці. Регресійні моделі пояснюють 17–51 % варіабельності швидкості зміни чисельності молюска *B. cylindrica* у період весна-літо. Поряд з від'ємною автокореляцією цього виду, на динаміку його чисельності впливають як інші лінійні так і нелінійні компоненти. В угрупованні на сіро-зелених глинах, лесоподібних суглинках та на педоземах статистично вірогідним є вплив нелінійної складової рівня чисельності *B. cylindrica* (BC^2).

Таблиця 4.10

Динамічні рівняння чисельності молюска *B. cylindrica* в різних типах техноземів
(динаміка весна-літо)

Предиктори	Сіро-зелені глини $R^2 = 0,41$		Лесоподібні суглинки, $R^2 = 0.28$		Педозем, $R^2 = 0.34$		Червоно-бурі глини, $R^2 = 0.17$	
	Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень	
Константа	0.80±0.12	0.00	1.88±0.26	0.00	1.26±0.13	0.00	0.44±0.15	0.00
<i>B. cylindrica</i> (BC)	-0.24±0.04	0.00	-0.67±0.11	0.00	-0.53±0.06	0.00	-0.19±0.10	0.05
<i>M. cartusiana</i> (MC)	0.013±0.026	0.60	-0.03±0.02	0.04	0.029±0.029	0.33	0.06±0.05	0.24
<i>Ch. tridens</i> (ChT)	0.040±0.022	0.08	0.02±0.02	0.32	-0.037±0.035	0.29	-0.05±0.04	0.18
BC ²	0.0122±0.0050	0.01	0.06±0.01	0.00	0.053±0.008	0.00	0.01±0.02	0.68
MC ²	-0.0119±0.0083	0.15	0.008±0.005	0.13	-0.014±0.009	0.10	-0.02±0.01	0.05
ChT ²	0.0007±0.0070	0.92	-0.002±0.005	0.68	0.0055±0.0111	0.62	-0.01±0.01	0.35
BC*MC	0.0004±0.0002	0.01	-0.0001±0.0001	0.69	0.0003±0.0003	0.24	0.001±0.0005	0.02
BC*ChT	-0.0004±0.0002	0.05	0.0000±0.0001	0.74	-0.0001±0.0003	0.64	0.00±0.001	0.46
MC*ChT	0.0004±0.0004	0.29	0.0000±0.0001	0.71	0.0000±0.0005	0.99	0.00±0.001	0.87

Для угруповання на червоно-бурих глинах статистично вірогідним є нелінійний вплив чисельності *M. cartusiana* (MC^2). Слід також відзначити вплив взаємодій чисельностей деяких видів на динаміку *B. cylindrica*. Так, статистично вірогідним є вплив взаємодії *B. cylindrica* та *M. cartusiana* для угруповань на сіро-зелених та на червоно-бурих глинах. Впливовою є взаємодія *B. cylindrica* та *Ch. tridens* в сіро-зелених глинах. Регресійні моделі описують 19–42 % варіабельності чисельності *B. cylindrica* у часовий відрізок літо-осінь. Статистично вірогідним є лінійний вплив чисельності *Ch. tridens* в сіро-зелених глинах. Нелінійна складова чисельності *B. cylindrica* проявляє себе в лесоподібних суглинках та в педоземах. Взаємодія чисельності *B. cylindrica* та *M. cartusiana* є статистично вірогідним предиктором зміни чисельності *B. cylindrica* в угрупованні, яке сформоване на червоно-бурій глині. Взаємодія *M. cartusiana* та *Ch. tridens* проявляє себе в лесоподібних суглинках. Структура реагування чисельності *B. cylindrica* досить подібна у весняно-літній та літньо-осінній періоди (табл. 4.11). Для першого з них статистично вірогідними є 9 предикторів, для другого – 8. Переважні за модулем предиктори залишаються незмінними, варіюють тільки мінорні за своїм впливом фактори. Важливо зазначити, що варіабельність чисельності *B. cylindrica* залежить як чисельності самого виду, так і інших видів в угрупованні. Характер впливу є комплексний – лінійний та нелінійний, а також динаміка *B. cylindrica* залежить від попарних взаємодій цього виду з іншими, або інших видів угруповання між собою. Регресійні моделі здатні пояснити 52–74 % варіабельності чисельності *M. cartusiana* в весняно-літній період (табл. 4.12). Поряд зі стабільно статистично вірогідною складовою, яка вказує на значну від’ємну автокореляцію чисельності цього виду, на динаміку *M. cartusiana* впливає і його нелінійна складова чисельності (MC^2). Також впливовою є взаємодія чисельностей *B. cylindrica* та *M. cartusiana* в угрупованнях, які сформовані в біотопі на педоземі та червоно-бурій глині.

Таблиця 4.11

Динамічні рівняння чисельності молюска *B. cylindrica* в різних типах техноземів
(динаміка літо-осінь)

Предиктори	Сіро-зелені глини $R^2 = 0,39$		Лесоподібні суглинки, $R^2 = 0.42$		Педозем, $R^2 = 0.40$		Червоно-бурі глини, $R^2 = 0.19$	
	Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень	
Константа	0.68±0.23	0.00	1.53±0.28	0.00	1.78±0.18	0.00	0.55±0.11	0.00
<i>B. cylindrica</i> (BC)	-0.15±0.09	0.08	-0.49±0.11	0.00	-0.76±0.09	0.00	-0.20±0.06	0.00
<i>M. cartusiana</i> (MC)	-0.05±0.03	0.13	-0.04±0.02	0.14	-0.008±0.043	0.85	0.027±0.041	0.51
<i>Ch. tridens</i> (ChT)	0.06±0.03	0.04	0.0021±0.0246	0.93	-0.060±0.044	0.17	-0.038±0.045	0.40
BC ²	0.003±0.008	0.71	0.0342±0.0121	0.00	0.073±0.011	0.00	-0.001±0.010	0.94
MC ²	0.007±0.013	0.58	0.0085±0.0078	0.28	-0.001±0.012	0.96	-0.016±0.011	0.15
ChT ²	-0.007±0.010	0.49	0.0160±0.0072	0.03	0.005±0.014	0.70	-0.0023±0.0136	0.87
BC*MC	-0.0001±0.0003	0.69	0.0000±0.0002	0.80	0.0001±0.0003	0.84	0.0010±0.0005	0.05
BC*ChT	-0.0003±0.0003	0.35	-0.0003±0.0002	0.09	0.0000±0.0004	0.91	0.0004±0.0007	0.62
MC*ChT	0.001±0.001	0.33	-0.0008±0.0002	0.00	-0.0001±0.0007	0.85	0.0003±0.0005	0.62

Таблиця 4.12

Динамічні рівняння чисельності молюска *M. cartusiana* в різних типах техноземів
(динаміка весна-літо)

Предиктори	Сіро-зелені глини $R^2 = 0,56$		Лесоподібні суглинки, $R^2 = 0.74$		Педозем, $R^2 = 0.60$		Червоно-бурі глини, $R^2 = 0.52$	
	Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень	
Константа	0.47±0.20	0.02	0.75±0.41	0.07	0.79±0.13	0.00	0.90±0.12	0.00
<i>B. cylindrica</i> (BC)	0.10±0.08	0.19	0.05±0.16	0.76	-0.10±0.06	0.09	-0.09±0.08	0.25
<i>M. cartusiana</i> (MC)	-0.63±0.04	0.00	-0.38±0.02	0.00	-0.44±0.03	0.00	-0.46±0.04	0.00
<i>Ch. tridens</i> (ChT)	-0.03±0.04	0.41	0.012±0.025	0.62	0.028±0.035	0.43	0.019±0.030	0.53
BC ²	-0.01±0.01	0.16	-0.010±0.017	0.54	0.004±0.008	0.63	0.007±0.014	0.59
MC ²	0.10±0.01	0.00	0.030±0.008	0.00	0.062±0.009	0.00	0.043±0.009	0.00
ChT ²	0.018±0.012	0.13	0.0105±0.0078	0.18	0.0001±0.0111	0.99	-0.0012±0.0084	0.89
BC*MC	-0.0001±0.0003	0.71	0.0003±0.0002	0.16	0.0006±0.0003	0.05	0.0007±0.0003	0.03
BC*ChT	-0.0002±0.0003	0.48	-0.0001±0.0002	0.45	-0.0001±0.0003	0.74	0.0000±0.0004	0.93
MC*ChT	-0.0001±0.0007	0.91	-0.0002±0.0002	0.21	-0.0003±0.0005	0.49	0.0000±0.0003	0.98

Таблиця 4.13

Динамічні рівняння чисельності молюска *M. cartusiana* в різних типах техноземів
(динаміка літо-осінь)

Предиктори	Сіро-зелені глини $R^2 = 0,62$		Лесоподібні суглинки, $R^2 = 0.66$		Педозем, $R^2 = 0.43$		Червоно-бурі глини, $R^2 = 0.59$	
	Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень	
Константа	0.26±0.30	0.38	0.64±0.42	0.13	1.01±0.21	0.00	0.74±0.07	0.00
<i>B. cylindrica</i> (BC)	0.17±0.11	0.14	0.17±0.17	0.33	-0.07±0.10	0.45	-0.011±0.038	0.78
<i>M. cartusiana</i> (MC)	-0.31±0.04	0.00	-0.37±0.04	0.00	-0.46±0.05	0.00	-0.40±0.03	0.00
<i>Ch. tridens</i> (ChT)	0.11±0.04	0.01	0.0046±0.0373	0.90	-0.035±0.050	0.49	0.016±0.030	0.59
BC ²	-0.02±0.01	0.04	-0.0190±0.0182	0.30	-0.001±0.012	0.96	-0.011±0.007	0.09
MC ²	0.001±0.017	0.96	0.0145±0.0119	0.22	0.053±0.013	0.00	0.041±0.008	0.00
ChT ²	0.0004±0.0133	0.98	-0.0025±0.0109	0.82	0.004±0.016	0.80	-0.004±0.009	0.68
BC*MC	0.0006±0.0003	0.07	0.0001±0.0003	0.62	0.0002±0.0004	0.62	0.0008±0.0004	0.04
BC*ChT	-0.0003±0.0004	0.42	0.0000±0.0002	0.88	0.0001±0.0005	0.82	0.0005±0.0005	0.31
MC*ChT	-0.0016±0.0008	0.05	0.0004±0.0003	0.21	0.0005±0.0008	0.54	0.0002±0.0003	0.53

У літньо-осінній період регресії здатні пояснити 43–66 % варіабельності чисельності *M. cartusiana*. Слід відзначити лінійний вплив на чисельність цього виду молюска *Ch. tridens* в сіро-зелених глинах, а також нелінійний вплив чисельності *B. cylindrica* у цьому ж біотопі. У свою чергу, нелінійний вплив *M. cartusiana* на динаміку чисельності цього виду встановлений тільки для педоземів та червоно-бурих глин. Міжвидова взаємодія *B. cylindrica* та *M. cartusiana* здійснює вплив на швидкість змін чисельності *M. cartusiana* в червоно-бурій глині, а взаємодія *M. cartusiana* та *Ch. tridens* впливає у сіро-зеленій глині.

Рівень залежності швидкості змін чисельності *M. cartusiana* подібний у весняно-літній та літньо-осінній періоди (табл. 4.13). В обидва періоди статистично вірогідними є по 9 предикторів. Важливу роль відіграють як лінійні, так і нелінійні фактори динаміки. Також слід відзначити взаємодію між видами, яка впливає також і на динаміку чисельності *M. cartusiana*. Нелінійну складову впливу *M. cartusiana* на динаміку змін чисельності цього ж виду можна пояснити як наявністю полегшення при оволодінні новими ресурсами так і взаємною конкуренцією між представниками одного виду. Таким чином, результати проведених статистичних розрахунків вказують на наявність складних екологічних взаємозв'язків в угрупованні наземних молюсків на рекультоземах, які проявляють себе у особливостях динаміки *M. cartusiana*. Регресійні моделі здатні пояснити 43–65 % варіабельності чисельності *Ch. tridens* в весняно-літній період (табл. 4.14). Поряд зі стабільно статистично вірогідною складовою, яка вказує на значну від'ємну автокореляцію чисельності цього виду, на динаміку *Ch. tridens* впливає і його нелінійна складова чисельності (ChT^2), а також нелінійні складові чисельності *B. cylindrica* (BC^2) та *M. cartusiana* (MC^2) для угруповання в лесоподібних суглинках. Також впливовою є взаємодія чисельностей *B. cylindrica* та *M. cartusiana* в угрупованнях, які сформовані в біотопі на лесоподібному суглинку. Встановлений вплив на динаміку *Ch. tridens* і взаємодія цього виду з *B. cylindrica* в педоземі.

Таблиця 4.14

Динамічні рівняння чисельності молюска *Ch. tridens* в різних типах техноземів
(динаміка весна-літо)

Предиктори	Сіро-зелені глини $R^2 = 0,53$		Лесоподібні суглинки, $R^2 = 0.64$		Педозем, $R^2 = 0.43$		Червоно-бурі глини, $R^2 = 0.65$	
	Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень	
Константа	0.76±0.22	0.00	1.60±0.40	0.00	0.60±0.16	0.00	0.78±0.11	0.00
<i>B. cylindrica</i> (BC)	0.08±0.08	0.32	-0.39±0.16	0.02	-0.02±0.07	0.81	-0.14±0.07	0.05
<i>M. cartusiana</i> (MC)	-0.05±0.05	0.35	-0.09±0.02	0.00	-0.02±0.04	0.66	-0.04±0.04	0.29
<i>Ch. tridens</i> (ChT)	-0.49±0.04	0.00	-0.41±0.02	0.00	-0.52±0.04	0.00	-0.43±0.03	0.00
BC ²	-0.015±0.009	0.11	0.039±0.016	0.02	0.000±0.010	0.97	0.021±0.013	0.10
MC ²	0.001±0.016	0.97	0.028±0.008	0.00	0.018±0.011	0.09	0.003±0.009	0.74
ChT ²	0.050±0.013	0.00	0.047±0.008	0.00	0.066±0.014	0.00	0.062±0.008	0.00
BC*MC	-0.0001±0.0003	0.85	-0.0004±0.0002	0.03	-0.0005±0.0004	0.19	-0.0001±0.0003	0.73
BC*ChT	0.0004±0.0004	0.25	0.0003±0.0002	0.16	0.0008±0.0004	0.05	-0.0004±0.0004	0.29
MC*ChT	0.0007±0.0008	0.37	-0.0001±0.0002	0.60	0.0000±0.0006	1.00	-0.0002±0.0002	0.53

Таблиця 4.15

Динамічні рівняння чисельності молюска *Ch. tridens* в різних типах техноземів
(динаміка літо-осінь)

Предиктори	Сіро-зелені глини $R^2 = 0,57$		Лесоподібні суглинки, $R^2 = 0.70$		Педозем, $R^2 = 0.48$		Червоно-бурі глини, $R^2 = 0.53$	
	Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень		Ср.±ст. помилка, p -рівень	
Константа	0.28±0.31	0.37	1.14±0.36	0.00	0.66±0.19	0.00	0.88±0.10	0.00
<i>B. cylindrica</i> (BC)	0.23±0.12	0.05	-0.07±0.15	0.65	0.035±0.089	0.70	-0.08±0.05	0.13
<i>M. cartusiana</i> (MC)	0.00±0.04	0.96	0.06±0.03	0.08	0.035±0.045	0.44	0.02±0.04	0.68
<i>Ch. tridens</i> (ChT)	-0.32±0.04	0.00	-0.46±0.03	0.00	-0.38±0.05	0.00	-0.28±0.04	0.00
BC ²	-0.03±0.01	0.03	0.000±0.015	1.00	-0.008±0.011	0.47	0.0016±0.0092	0.86
MC ²	0.02±0.02	0.28	-0.009±0.010	0.35	-0.016±0.012	0.20	-0.0073±0.0103	0.48
ChT ²	0.007±0.014	0.63	0.034±0.009	0.00	0.033±0.015	0.02	-0.0014±0.0125	0.91
BC*MC	-0.0003±0.0004	0.40	-0.0001±0.0002	0.68	0.0002±0.0004	0.50	0.0002±0.0005	0.63
BC*ChT	0.0002±0.0004	0.58	0.0004±0.0002	0.03	-0.0003±0.0004	0.51	0.0001±0.0007	0.87
MC*ChT	-0.0008±0.0009	0.34	0.0004±0.0003	0.10	0.0009±0.0007	0.21	0.0007±0.0005	0.15

У літньо-осінній період регресії здатні пояснити 48–70 % варіабельності чисельності *Ch. tridens* (табл. 4.15). Слід відзначити лінійний та нелінійний вплив на чисельність цього виду молюска *B. cylindrica* в сіро-зелених глинах. У свою чергу, нелінійний вплив *Ch. tridens* на динаміку чисельності цього виду встановлений тільки для педоземів та лесоподібних суглинків. Міжвидова взаємодія *B. cylindrica* та *Ch. tridens* здійснює вплив на швидкість змін чисельності *Ch. tridens* в лесоподібному суглинку. Рівень залежності швидкості змін чисельності *Ch. tridens* суттєво відмінний у весняно-літній та літньо-осінній періоди. У весняно-літній період рівень детермінації динаміки значно вищий, ніж в літньо-осінній, так як в весняно-літній період встановлено 13 статистично-вірогідних предикторів, а в літньо-осінній – тільки 8. Важливу роль відіграють як лінійні, так і нелінійні фактори динаміки. Також слід відзначити взаємодію між видами, яка впливає також і на динаміку чисельності *Ch. tridens*. Нелінійну складову впливу *Ch. tridens* на динаміку змін чисельності цього ж виду можна пояснити як наявністю полегшення при оволодінні новими ресурсами так і взаємною конкуренцією між представниками одного виду. Таким чином, результати проведених статистичних розрахунків вказують на наявність складних екологічних взаємозв'язків в угрупованні наземних молюсків на рекультоземах, які проявляють себе у особливостях динаміки *Ch. tridens*. Динамічні рівняння для видів угруповання дозволяють створити систему рівнянь, які у сукупності характеризують динамічні особливості угруповання. Рівняння мають другий ступінь, тому відповідна система може мати два рішення, тобто динамічна система може мати два рівноважних (стаціонарних) стани. Значення чисельності видів, за яких швидкість зміни чисельності дорівнюють нулю, маркують стаціонарний стан динамічної системи. Ці значення повинні знаходитися у реалістичних межах: не повинні мати від'ємні значення або не набувати нереально високих значень.

Стаціонарний стан може бути оцінений на предмет стійкості. Якщо при виведенні із стаціонарного стану система намагається у нього повернутися,

то таку систему можна оцінити як стійку. Якщо після виведення система не може повернутися у стаціонарний стан – то у системи немає стійкості. Крім стійкості стаціонарний стан може бути охарактеризований реактивністю. Реактивною буде така стійка система, у якій навіть малий зовнішній вплив викликає значні відхилення від стаціонарного стану раніше, ніж система потім у нього повернеться. У стаціонарних точках нелінійна функція може бути охарактеризована системою лінійних часткових похідних, або якобіаном. Значення власного числа якобіану функції в стаціонарному стані вказує на стійкість системи. Якщо найбільше власне число має від’ємне значення, то така система є стійкою. Ермітова частина якобіана вказує на наявність властивості реактивності. Позитивне найбільше власне число ермітової частини вказує на наявність властивості реактивності. Комплексне значення власних чисел вказує на коливальний характер динаміки системи: коливальне наближення до стаціонарного стану в випадку стійкості системи та коливальне відхилення – у випадку нестійкості системи.

Одержані результати свідчать про те, що для усіх досліджених систем одне із двох стаціонарних станів було стійким, а інше – не стійке та таке, що характеризувалось нереалістичними значеннями чисельностей молюсків (табл. 4.16). Усі показники реактивності мають від’ємний знак, що вказує на відсутність властивості реактивності, тобто після виведення з стаціонарного стану система асимптотично наближається до нього знову. Для дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах стаціонарні розподіли чисельності молюсків у весняно-літній та літньо-осінній періоди суттєво розрізняються. В літньо-осінній період угруповання знаходиться у стаціонарному стані за умов значно більш високої чисельності, ніж в весняно-літній період. При цьому стійкість угруповання восени та його реактивність стає дещо меншою, хоч при цьому залишається у нього властивість стійкості. Матриця чутливості стійкості до варіювання чисельності видів угруповання містить елементи, які вказують на те, як чисельність видів контролює стійкість [92].

Таблиця 4.16

Показники стабільності стаціонарних станів динаміки угруповань молюсків

Тип ґрунту	Сезон	Стаціонарний стан, екз./м ²			Реактивність	Стійкість
		<i>B. cylindrica</i>	<i>M. cartusiana</i>	<i>Ch. tridens</i>		
Сіро-зелені глини	1	25.04	3.44	4.00	-0.12	0.14
		—	—	—	0.14	-0.13
	2	48.49	7.41	6.30	-0.09	0.11
		—	—	—	1.36	-0.92
Лесоподібні суглинки	1	22.83	8.71	4.31	-0.13	0.15
		—	—	—	0.18	-0.17
	2	19.96	9.76	6.49	-0.16	0.16
		—	—	—	0.22	-0.17
Педозем	1	15.47	2.89	2.42	-0.12	0.12
		—	—	—	0.20	-0.16
	2	9.77	5.33	4.63	-0.10	0.11
		—	—	—	0.15	-0.15
Червоно-бурі глини	1	5.12	4.22	2.97	-0.16	0.16
		—	—	—	0.31	-0.25
	2	3.57	5.90	5.22	-0.11	0.11
		—	—	—	0.64	-0.04

Сезони: 1 – весна-літо; 2 – літо-осінь; прочерк «—» вказує на нереалістичне значення (від’ємне або занадто велике)

Факторами стійкості угруповання є автокореляція чисельності *B. cylindrica* та *M. cartusiana* у весняно-літній період а тільки *B. cylindrica* – в літньо-осінній період (табл. 4.17). Значним позитивним фактором стійкості угруповання є вплив *B. cylindrica* на *Ch. tridens*. У свою чергу впливи *M. cartusiana* та *Ch. tridens* дестабілізують угруповання, при чому ця дестабілізація збільшується у літньо-осінній період. Також слід відмітити зростання дестабілізації угруповання від впливу *M. cartusiana* на *Ch. tridens*. Загалом слід признати, що тотальний патерн взаємодій між видами молюсків в угрупованні залишається подібним у весняно-літній та літньо-осінній періоди.

Стаціонарні стани угруповання молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках характеризуються значною подібністю в весняно-літній та літньо-осінній періоди. Також слід відзначити дуже близькі оцінки стійкості та реактивності угруповань у ці періоди, так і подібні режими

чутливості стійкості до чисельності молюсків. Стабілізуючий вплив здійснюють автокореляції видів між собою, а також впливи на чисельність молюска *M. cartusiana* молюсків *B. cylindrica* та *Ch. tridens* та вплив *M. cartusiana* на *Ch. tridens*. Інші попарні взаємодії здійснюють негативний вплив на стабільність угруповання. Для педозема стаціонарний рівень чисельності молюска *B. cylindrica* знижується в літньо-осінній період порівняно з весняно-літнім, а стаціонарні рівні молюсків *M. cartusiana* та *Ch. tridens* навпаки збільшуються. При цьому рівень стійкості угруповання майже не змінюється, а реактивність дещо знижується.

Таблиця 4.17

Чутливість стійкості до варіювання чисельності видів угруповання

Види		Джерело впливу					
		BC	MC	CT	BC	MC	CT
Акцептор впливу	Сіро-зелені глини						
		1			2		
	BC	1.00	-0.56	-0.50	1.25	-2.55	-0.72
	MC	-0.21	0.12	0.11	0.02	-0.05	-0.01
	CT	0.25	-0.14	-0.12	0.37	-0.74	-0.21
	Лесоподібні суглинки						
		1			2		
	BC	0.58	-1.31	-0.92	0.63	-0.68	-0.29
	MC	-0.10	0.23	0.16	-0.32	0.34	0.14
	CT	-0.12	0.28	0.20	-0.07	0.07	0.03
	Педозем						
		1			2		
	BC	0.85	-0.52	-0.24	0.39	-0.80	-0.24
	MC	-0.13	0.08	0.04	-0.20	0.40	0.12
	CT	-0.27	0.16	0.08	-0.34	0.69	0.21
	Червоно-бурі глини						
		1			2		
	BC	0.82	-0.37	-0.26	0.79	-0.17	-0.33
	MC	-0.18	0.08	0.06	-0.17	0.04	0.07
	CT	-0.31	0.14	0.10	-0.41	0.09	0.17

Умовні позначки: BC – *B. cylindrica*; MC – *M. cartusiana*; CT – *Ch. tridens*

У весняно-літній період фактором стійкості угруповання переважно є автокореляція чисельності *B. cylindrica* та вплив *M. cartusiana* на *Ch. tridens*. Інші взаємодії призводять до дестабілізації угруповання. В літньо-осінній

період структура чутливості стійкості до варіації чисельності компонентів угруповання залишається стабільною. Особливість полягає у зростанні стабілізуючого характеру впливу автокореляції *M. cartusiana* та впливу цього виду на *Ch. tridens*.

Особливість угруповань молюсків дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах полягає у тому, що на відміну від інших, вид *B. cylindrica* не є абсолютним домінантом (у весняно-літній період) або зовсім поступається своїм домінуванням у літньо-осінній період. Показник стійкості цього угруповання у весняно-літній період майже найбільший серед усіх типів досліджених техноземів. В літньо-осінній період навпаки рівень стійкості найменший серед встановлених показників стійкості. Молюск *B. cylindrica* є ключовим фактором стійкості угруповань на червоно-бурих глинах. Впливи на цей вид *M. cartusiana* та *Ch. tridens* дестабілізують угруповання, як і вплив *B. cylindrica* на *Ch. tridens*.

Найбільш стабільні угруповання формуються на дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках, а найменш стійкі – на дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах та педоземах. Для дерново-літогенних ґрунтів встановлений найбільший міжсезонний розбіг показників стійкості. Більш стійкі угруповання в весняно-літній період, менш стійкі – в літньо-осінній період. Найбільш регулярним фактором стійкості угруповання є негативна автокореляція видів угруповання, найчастіше це домінуючий вид *B. cylindrica*. Міжвидові взаємодії здійснюють як стабілізуючий так і дестабілізуючий впливи, що становить специфіку динаміки угруповань кожного типу техноземів.

Висновки по розділу

1. У межах досліджених техноземів було встановлено наявність чотирьох видів наземних молюсків: *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), *Monacha* (*Monacha*) *cartusiana* (O.F. Muller, 1774), *Chondrula tridens* (O.F. Muller,

1774), *Helix (Helix) lucorum* Linnaeus, 1758. Чисельність населення молюсків статистично вірогідно відрізняється між дослідженими типами техноземів по роках та по сезонах.

2. Найбільш сприятливі умови для *Brephulopsis cylindrica* формуються в дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках. Менш сприятливі умови для *Brephulopsis cylindrica* формуються в біотопах у педоземах та на червоно-бурих глинах. Загальною особливістю є тенденція зменшення чисельності *Brephulopsis cylindrica* протягом року.

3. Найбільш сприятливі умови для *Monacha cartusiana* формуються в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках та на червоно-бурих глинах. Менш сприятливі умови формуються в біотопах на дерново-літогенних глинах на сіро-зелених глинах, а найбільш екстремальними є педоземи. Загальною тенденцією є зниження чисельності молюсків цього виду влітку та стабілізація чисельності в період літо-осінь.

4. Найбільш сприятливі умови для *Chondrula tridens* формуються у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках. Значно менша щільність населення цього молюска на червоно-бурих глинах, та найменша – в педоземах та сіро-зелених глинах. У сезонному аспекті динаміка чисельності характеризується максимумом навесні та мінімумом – влітку.

5. Молюск *Helix (Helix) lucorum* Linnaeus, 1758 стабільно зустрічається в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках та часто стабільно зустрічався у біотопі на сіро-зеленій глині. На педоземі та на червоно-бурій глині цей вид зустрінутий одинично. На лесоподібних суглинках протягом року для динаміки *Helix lucorum* встановлений максимум чисельності навесні. Для сіро-зелених глин спостерігається тенденція збільшення чисельності виду протягом всього року.

6. Для описання розподілів чисельності найбільш чисельних молюсків *Brephulopsis cylindrica* та *Monacha cartusiana* найкращими є логнормальна модель та модель Ципфа-Мандельброта. Для менш чисельного виду *Chondrula tridens* найкращою є модель Ципфа, та меншою мірою – модель

Ципфа-Мандельброта. Розподіл чисельності представників більш рідкісного виду *Helix lucorum* найчастіше описується моделями поламаного стрижня або Мотомури.

7. Найбільш стабільні угруповання молюсків формуються на дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках, а найменш стійкі – на дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах та педоземах. Найбільш стійкі угруповання в весняно-літній період, менш стійкі – в літньо-осінній період. Регулярним фактором стійкості угруповань молюсків є негативна автокореляція видів угруповання, найчастіше це домінуючий вид *B. cylindrica*. Міжвидові взаємодії здійснюють як стабілізуючий так і дестабілізуючий впливи, що становить специфіку динаміки угруповань кожного типу техноземів.

РОЗДІЛ 5

ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ НІШ НАЗЕМНИХ МОЛЮСКІВ
ТЕХНОЗЕМІВ

5.1. Педоземи

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків педоземів у 2012 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив (табл. 5.1). Це свідчить про те, що досліджена територія не сприймається молюсками як однорідна. Протягом року маргинальність демонструє стійку тенденцію до зростання. Таким чином, найбільш сприятливі умови для існування молюсків формуються навесні та протягом року стають більш жорсткими. Навесні та влітку найбільш маргинальні умови для *B. cylindrica*, а восени – для *M. cartusiana*. Спеціалізація також зростає протягом року. Це свідчить про те, що за більш екстремальних умов молюски тяжіють до осередків з більш сприятливими умовами, площа яких по мірі погіршення умов зменшується. Найбільшою спеціалізацією характеризується екологічна ніша молюска *Ch. tridens*.

Навесні маргинальність екологічної ніші молюска *B. cylindrica* визначається переважно такими еколого-географічними предикторами, як вміст деяких агрегатів у ґрунті, фізіономічні особливості рослинного покриву та такі екологічні режими, як кислотність та трофність едафотопу. Ці молюски надають перевагу мікроділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром 3–10 мм та уникають ділянок з підвищеним вмістом агрегатів розміром <0,25–3 мм. Із фізіономічних типів надають перевагу латуку татарському та сухостою, а уникають ділянок з переважанням злаків та жабриці рівнинної. Надають перевагу ділянкам з більшим рівнем трофності едафотопу і вмістом доступних форм азоту та меншою вологістю, змінністю режиму вологості, кислотністю та континентальністю.

Таблиця 5.1

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в педоземах по сезонах (2012 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Вміст агрегатних фракцій, %																		
< 0.25 мм (Agr_025)	-0.28	0.00	-0.16	0.04	-0.23	-0.02	-0.22	0.01	-0.11	-0.06	-0.05	-0.03	-0.32	0.01	-0.20	0.02	-0.30	0.03
0.25–0.5 мм (Agr_025_05)	0.03	-0.10	-0.08	-0.19	-0.05	-0.12	0.10	-0.01	-0.11	0.22	-0.01	-0.01	-0.06	-0.14	-0.22	-0.29	-0.04	0.04
0.5–1 мм (Agr_05_1)	-0.06	0.00	-0.13	0.04	-0.07	0.03	0.03	0.01	-0.16	-0.04	0.00	0.09	-0.20	0.00	-0.23	0.10	-0.09	-0.01
1–2 мм (Agr_1_2)	-0.17	-0.01	-0.03	-0.04	-0.13	0.07	-0.19	0.03	-0.12	-0.14	-0.06	0.20	-0.26	-0.03	-0.12	-0.05	-0.01	0.06
2–3 мм (Agr_2_3)	0.21	0.01	0.32	0.00	0.36	-0.04	0.17	0.00	0.20	-0.06	0.13	0.02	0.24	0.00	0.18	0.04	0.34	0.00
3–5 мм (Agr_3_5)	-0.19	0.02	-0.07	0.07	-0.17	-0.11	-0.18	-0.03	-0.15	0.16	-0.07	-0.20	-0.26	0.04	-0.15	0.07	-0.02	-0.06
5–7 мм (Agr_5_7)	0.25	-0.36	0.28	-0.14	-0.15	0.24	0.19	-0.40	0.33	0.37	-0.14	0.04	0.24	-0.33	0.28	0.09	-0.15	-0.35
7–10 мм (Agr_7_10)	0.16	-0.03	0.01	-0.07	0.02	-0.05	0.22	-0.01	0.02	0.01	-0.05	-0.07	0.14	0.00	-0.01	0.03	-0.04	0.04
> 10 мм (Agr_10)	0.11	0.01	0.13	0.01	0.13	0.00	0.12	-0.01	0.03	-0.02	0.21	0.06	0.10	-0.01	0.00	0.04	0.13	-0.02
Твердість ґрунту на глибині, МПа																		
0–5 см (Im_05)	-0.02	-0.31	0.14	-0.34	0.07	-0.27	-0.11	0.00	0.06	-0.06	0.06	0.13	-0.01	-0.34	0.14	-0.35	0.11	0.12
5–10 см (Im_10)	-0.08	0.21	0.16	0.38	0.03	0.23	-0.11	0.02	0.03	-0.03	0.02	-0.10	-0.02	0.27	0.13	0.14	0.07	-0.14
10–15 см (Im_15)	-0.09	0.00	0.12	0.06	0.17	-0.01	-0.02	0.00	0.10	-0.02	0.17	-0.06	0.06	0.00	0.12	0.05	0.14	-0.01
15–20 см (Im_20)	-0.02	0.04	0.10	-0.01	-0.01	0.05	0.08	-0.02	0.29	0.06	-0.07	0.09	0.17	0.00	0.22	-0.06	-0.03	-0.02
20–25 см (Im_25)	0.07	-0.11	0.12	0.14	-0.09	0.08	0.09	0.06	0.24	-0.04	-0.08	-0.02	0.20	0.00	0.25	-0.10	-0.13	0.07
25–30 см (Im_30)	0.01	0.01	0.04	0.01	0.07	-0.20	0.07	0.02	-0.08	0.06	0.04	0.01	0.15	0.07	-0.02	0.13	0.07	0.04
30–35 см (Im_35)	0.07	0.17	0.06	-0.18	0.07	0.06	0.10	0.00	-0.07	-0.14	0.11	0.07	0.15	0.23	-0.03	-0.19	0.06	-0.22
35–40 см (Im_40)	-0.09	0.02	0.03	0.33	0.14	0.28	-0.09	-0.24	-0.03	-0.04	0.18	-0.03	0.00	0.05	0.03	0.48	0.14	-0.05
40–45 см (Im_45)	-0.07	-0.30	0.08	0.19	0.19	0.09	-0.10	0.13	0.00	0.12	0.21	-0.19	0.05	-0.35	0.08	-0.39	0.17	0.37
45–50 см (Im_50)	-0.08	0.15	0.00	-0.10	0.24	-0.06	-0.05	0.01	-0.13	0.14	0.26	0.28	0.06	0.01	-0.05	0.17	0.21	-0.08

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Фізіономічні типи рослинності																		
Злаки (Type_1)	-0.18	0.00	0.01	-0.02	0.13	-0.07	-0.16	-0.04	0.00	0.05	0.07	0.07	-0.06	-0.06	0.11	-0.02	0.09	-0.06
Жабриця (Type_2)	-0.29	0.05	-0.31	0.03	-0.06	-0.08	-0.27	0.02	-0.33	-0.03	-0.13	0.10	-0.31	0.11	-0.27	0.07	-0.12	-0.03
Латук (Type_3)	0.30	0.01	0.37	-0.06	0.08	-0.03	0.30	-0.02	0.28	-0.08	0.10	-0.02	0.27	0.02	0.13	-0.01	0.16	-0.08
Бобові (Type_4)	0.10	0.02	0.15	0.01	0.26	-0.06	-0.03	0.01	0.19	0.05	0.40	0.07	0.14	-0.01	0.26	-0.02	0.22	0.00
Мертві рештки (Type_5)	0.25	0.40	0.09	0.01	-0.13	-0.50	0.26	0.36	0.10	-0.59	-0.12	-0.29	0.18	0.19	0.02	0.02	-0.10	0.11
Поверхня ґрунту (Type_6)	-0.22	-0.05	-0.39	-0.03	-0.41	0.04	-0.11	0.00	-0.29	-0.05	-0.45	-0.01	-0.23	-0.09	-0.27	0.03	-0.43	0.05
Фітоіндикаційні оцінки екологічних факторів																		
Ae	-0.14	0.02	-0.31	0.22	-0.09	0.07	-0.10	-0.03	-0.31	-0.14	-0.06	-0.10	-0.12	0.08	-0.26	0.04	-0.11	-0.09
Ca	-0.05	0.00	0.05	-0.04	0.21	0.01	-0.03	0.01	-0.02	-0.01	-0.05	-0.01	0.04	0.02	0.03	0.00	0.25	0.00
Cr	0.14	-0.13	0.08	-0.01	0.09	-0.06	0.25	-0.06	0.03	-0.10	0.08	-0.01	0.15	-0.14	-0.11	0.08	0.14	0.05
EC	0.08	0.01	0.18	-0.01	-0.16	0.00	-0.01	0.02	0.13	0.02	-0.16	-0.01	0.17	0.01	0.19	0.01	-0.15	0.01
fH	-0.21	-0.02	-0.10	-0.12	-0.03	0.01	-0.26	-0.03	-0.03	0.02	0.02	0.03	-0.13	-0.09	0.08	-0.13	-0.03	-0.06
Hd	-0.15	0.03	0.06	-0.04	0.02	-0.02	-0.06	0.01	0.16	-0.01	0.06	-0.01	-0.02	0.01	0.07	0.01	-0.04	-0.02
Kn	-0.15	-0.05	-0.06	-0.28	0.33	-0.17	-0.18	0.09	-0.11	-0.08	0.40	-0.06	-0.11	-0.09	-0.03	-0.08	0.30	0.00
Lc	0.11	0.00	-0.08	-0.12	-0.11	0.03	0.17	0.02	-0.15	0.06	-0.12	0.24	0.00	-0.04	-0.18	-0.07	-0.03	0.08
Nt	0.15	-0.05	-0.03	0.28	-0.04	-0.23	0.20	0.36	-0.03	0.46	-0.05	0.60	0.07	-0.18	-0.12	-0.25	-0.01	0.48
Om	0.05	-0.55	-0.13	-0.31	0.00	0.48	0.11	-0.69	-0.17	0.21	0.01	-0.42	-0.02	-0.48	-0.22	-0.17	0.03	-0.59
Rc	-0.28	0.03	-0.23	0.04	-0.02	-0.03	-0.25	0.00	-0.18	-0.01	0.02	0.00	-0.24	0.04	-0.19	0.06	0.02	-0.03
Sl	0.28	0.25	0.06	0.32	0.20	0.21	0.23	-0.03	0.10	-0.16	0.23	-0.06	0.11	0.35	-0.01	0.32	0.21	-0.07
Tm	0.08	-0.10	0.01	0.11	0.16	0.09	0.15	0.06	-0.07	0.10	0.14	-0.09	0.01	-0.04	-0.17	-0.11	0.17	0.03
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.30	0.01	0.11	0.04	0.25	0.07	0.43	0.01	0.22	0.03	0.39	0.03	0.63	0.01	0.83	0.01	0.40	0.01
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	2.10	0.01	2.17	0.01	2.77	0.01	1.84	0.01	2.58	0.03	3.83	0.01	3.03	0.01	3.39	0.01	3.60	0.01

Влітку структурні особливості екологічної ніші залишаються значною мірою подібними до весняної конфігурації. Слід відзначити збільшення вимогливості до вмісту в едафотопі доступних форм азоту. Восени просторові патерни твердості ґрунту, особливо на глибині, 15–35 см починають впливати на конфігурацію екологічної ніші *B. cylindrica*. Загалом, протягом всього сезону особливості екологічної ніші *B. cylindrica* залишаються стабільними.

Головними аспектами спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* в весняний період є вміст агрегатів розміром 3–5 мм, твердість ґрунту на глибині 0–5 см, проективне покриття сухостою, фітоіндикаційна оцінка омброклімату. При збереженні головних особливостей, для спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* характерна більш важлива роль вмісту доступних форм азоту. Восени особливості спеціалізації ніші цього виду доповнюють деякі показники твердості ґрунту.

Маргинальність екологічної ніші *M. cartusiana* навесні визначають такі еколого-географічні предиктори, як вміст агрегатів розміром 3–5 та >10 мм, твердість ґрунту на глибині 0–25 см та фізіономічний вигляд рослинного покриву. Цей вид уникає ділянок з підвищеним режимом аерації, показниками омброклімату та кислотності. Надають перевагу ділянкам з підвищеною електричною провідністю. Найбільш сприятливі умови для існування цього виду в межах фізіономічних типів латука татарського та люцерни. Негативно на *M. cartusiana* впливають ділянки без рослинного покриву. Влітку та восени відбуваються тільки деякі кількісні зміни характеристики екологічної ніші *M. cartusiana*, а загальні якісні особливості залишаються незмінними.

Спеціалізацію екологічної ніші *M. cartusiana* визначають такі еколого-географічні предиктори, як вміст агрегатів розміром 0,25–0,5 та 3–5 мм, твердість на глибині 0–10 та 30–45 см, режими аерації, азотного живлення, омброклімату та трофності едафотопу. Протягом року деякі особливості

спеціалізації екологічної ніші *M. cartusiana* дещо змінюються кількісно, при цьому загальна конфігурація спеціалізація залишається незмінною.

Маргінальність екологічної ніші *Ch. tridens* визначають такі еколого-географічні предиктори, як агрегатний склад ґрунту, фізіономічні особливості рослинності та екологічні режими. Цей вид надає перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів розміром 7–10 та більше 10 мм та уникає ділянок з переважанням дрібніших фракцій. Переважним фізіономічним типом для *Ch. tridens* є люцерна, а цей вид уникає відкритих ділянок без рослинного покриву. Вміст карбонатів є важливою умовою активного збільшення чисельності цього виду. Уникає ділянок з підвищеною внаслідок засолення електричною провідністю ґрунту. Вид є чутливим до рівня мінерального живлення едафотопу та термічного режиму.

Влітку рівень маргіналізації екологічної ніші *Ch. tridens* збільшується, особливо за рахунок більшої чутливості до структури рослинного покриву. Загалом, особливості маргінальності екологічної ніші *Ch. tridens* протягом року якісно не змінюються.

Спеціалізацію екологічної ніші *Ch. tridens* визначають вміст агрегатів 3–5 мм, твердість ґрунту на глибині 0–10 та 35–40 см, омброклімат, режим азотного живлення та трофність едафотопу. Влітку до структури факторів, які визначають спеціалізацію екологічної ніші, додається режим освітлення, твердість на глибині 45–50 см. Просторова структура населення *Ch. tridens* значною мірою визначається особливостями екологічних режимів, які індикуюються шкалою омброклімату.

У 2013 р. на педоземах кількісні характеристики екологічної ніші наземних молюсків вказували на відсутність статистично вірогідних підтверджень спеціалізації їх ніш (табл. 5.2). У той час як маргінальність була статистично вірогідною.

Таблиця 5.2

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в педоземах по сезонах (2013 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	-0.07	0.00	-0.20	0.01	0.05	0.00	0.03	-0.14	-0.27	0.00	-0.01	0.00	0.04	0.01	-0.14	-0.05	0.04	-0.01
Agr_025_05	0.06	-0.01	0.07	-0.01	0.24	0.00	-0.02	0.07	0.04	0.00	0.17	0.00	0.01	-0.02	0.16	0.03	0.21	0.00
Agr_05_1	-0.04	0.00	0.20	0.00	0.28	-0.01	-0.17	0.01	0.18	-0.01	0.24	0.00	-0.13	0.00	0.17	0.02	0.22	0.00
Agr_1_2	-0.05	0.10	0.20	0.08	0.21	-0.47	-0.15	-0.06	0.21	-0.10	0.19	0.09	-0.14	0.61	0.16	0.25	0.18	-0.33
Agr_10	0.08	0.00	-0.07	0.00	-0.22	0.00	0.17	0.00	-0.13	0.00	-0.18	0.00	0.16	0.00	-0.03	0.00	-0.08	0.00
Agr_2_3	-0.05	-0.10	0.20	-0.08	0.21	0.47	-0.15	0.07	0.21	0.10	0.19	-0.09	-0.14	-0.61	0.16	-0.25	0.18	0.32
Agr_3_5	0.07	0.37	-0.24	-0.59	-0.21	-0.20	0.17	-0.61	-0.22	0.10	-0.25	0.16	0.17	-0.03	-0.19	-0.24	-0.20	0.68
Agr_5_7	0.03	0.00	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.08	0.01	-0.13	0.00	-0.11	0.00	0.02	0.00	-0.23	0.00	-0.13	0.00
Agr_7_10	0.02	0.00	-0.16	0.00	-0.25	0.00	0.12	0.01	-0.18	0.00	-0.18	0.00	0.11	0.00	-0.18	0.02	-0.12	0.00
Im_05	-0.27	-0.01	-0.08	-0.01	-0.07	0.01	-0.15	-0.10	-0.08	0.00	0.01	0.01	-0.16	-0.02	-0.13	-0.06	0.01	0.00
Im_10	-0.07	0.00	-0.02	0.00	-0.15	0.00	0.02	0.00	-0.05	0.00	-0.07	0.00	0.03	0.00	-0.03	0.00	0.04	0.00
Im_15	-0.21	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	-0.16	-0.01	0.05	0.00	0.09	0.00	-0.13	0.00	0.09	-0.01	0.13	0.00
Im_20	0.03	0.00	-0.19	0.00	-0.14	0.00	0.15	0.05	-0.14	0.00	-0.15	0.00	0.18	0.00	0.08	0.02	-0.03	0.00
Im_25	0.03	0.00	-0.14	0.00	-0.14	0.01	0.13	-0.02	-0.06	0.00	-0.11	0.00	0.13	0.00	0.10	-0.01	-0.06	0.00
Im_30	0.01	0.00	0.11	0.00	0.05	0.00	0.07	0.08	0.13	0.00	0.11	-0.01	0.05	-0.01	0.21	0.04	0.19	0.00
Im_35	-0.17	0.00	0.18	-0.01	0.08	0.00	-0.18	-0.05	0.18	-0.01	0.23	0.00	-0.21	0.02	0.03	0.02	0.24	0.00
Im_40	-0.03	0.00	0.11	-0.01	0.01	0.01	-0.04	-0.24	0.10	-0.01	0.12	0.01	-0.03	-0.01	-0.01	-0.11	0.22	0.00
Im_45	-0.18	-0.01	0.17	0.00	0.12	0.03	-0.19	0.28	0.17	0.00	0.24	0.01	-0.18	-0.05	0.04	0.20	0.29	0.00
Im_50	-0.18	0.02	0.17	0.03	0.10	-0.03	-0.19	0.12	0.16	0.02	0.23	-0.02	-0.19	0.07	0.01	-0.03	0.27	0.00
Type_1	0.06	0.00	0.01	0.00	-0.18	-0.01	0.11	0.06	-0.12	0.00	-0.15	0.00	0.07	0.02	-0.21	0.01	-0.24	0.00

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_2	-0.16	0.00	0.03	0.00	-0.09	-0.01	-0.07	-0.01	-0.02	0.00	-0.04	0.00	-0.12	0.01	-0.25	0.00	-0.10	0.00
Type_3	-0.09	-0.01	0.26	-0.01	0.19	0.03	-0.18	-0.23	0.23	0.00	0.23	0.02	-0.19	-0.05	0.14	-0.04	0.16	0.00
Type_4	-0.04	0.00	-0.15	0.00	0.03	0.00	0.08	-0.03	-0.15	0.00	-0.12	0.00	0.02	0.01	-0.16	-0.01	-0.21	0.00
Type_5	-0.10	-0.01	-0.25	-0.01	-0.08	0.00	-0.01	0.16	-0.24	-0.01	-0.16	0.00	0.00	-0.01	-0.17	0.14	-0.19	0.01
Type_6	0.13	0.01	-0.17	0.01	-0.04	0.00	0.09	-0.03	-0.07	0.00	-0.06	0.01	0.15	0.02	0.14	-0.02	0.05	0.00
Ae	0.00	-0.19	0.23	-0.30	0.21	0.43	-0.14	-0.23	0.23	-0.35	0.18	0.61	-0.12	-0.07	0.18	0.27	0.13	0.01
Ca	-0.32	-0.01	-0.08	-0.01	-0.02	0.00	-0.20	0.26	-0.08	0.00	0.05	0.00	-0.25	-0.04	-0.22	0.10	-0.02	0.00
Cr	-0.27	0.00	0.23	-0.63	0.29	0.16	-0.33	-0.33	0.22	-0.32	0.31	0.42	-0.33	0.07	0.14	-0.06	0.26	0.32
EC	-0.06	0.00	-0.23	0.00	-0.13	0.00	0.02	-0.02	-0.22	0.00	-0.14	0.00	0.11	0.00	0.07	-0.01	-0.02	0.00
fH	-0.06	0.00	-0.05	0.00	-0.10	0.00	-0.05	0.01	-0.11	0.00	-0.02	0.00	-0.06	0.00	-0.27	0.01	-0.01	0.00
Hd	-0.09	0.00	0.04	0.00	0.18	0.00	-0.11	0.02	0.05	0.00	0.07	0.00	-0.03	0.00	0.24	0.01	0.10	0.00
Kn	0.24	0.26	-0.23	-0.05	-0.28	0.32	0.31	0.17	-0.23	0.06	-0.28	0.29	0.31	0.31	-0.14	-0.29	-0.24	0.13
Lc	0.45	-0.01	0.04	-0.01	-0.11	0.00	0.34	0.14	0.04	0.00	-0.16	-0.01	0.36	0.00	0.09	0.07	-0.07	0.00
Nt	0.05	0.00	0.24	0.00	0.11	0.00	-0.05	0.01	0.25	0.00	0.13	0.00	-0.04	0.00	0.23	0.00	0.12	0.00
Om	-0.06	0.85	0.24	0.33	0.23	-0.45	-0.18	0.21	0.23	0.85	0.21	-0.56	-0.16	0.34	0.18	-0.74	0.18	0.45
Rc	-0.13	0.00	-0.14	0.00	-0.17	0.01	-0.03	-0.10	-0.13	0.00	-0.10	0.02	-0.06	-0.01	-0.20	-0.02	-0.16	0.00
Sl	0.46	-0.09	0.07	-0.20	-0.12	-0.07	0.35	-0.11	0.08	-0.13	-0.09	0.02	0.35	-0.11	0.18	0.10	0.00	0.07
Tm	0.06	0.00	0.12	0.00	-0.07	-0.01	0.17	-0.06	0.17	0.00	0.07	0.00	0.11	0.01	0.18	-0.03	0.19	0.00
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.48	0.01	0.84	0.01	0.65	0.01	0.55	0.01	0.64	0.01	1.27	0.01	0.51	0.01	0.32	0.01	0.42	0.03
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	40.34	0.27	27.86	0.23	11.51	0.81	32.37	0.73	12.32	0.57	16.91	0.90	10.46	0.33	20.74	0.99	22.49	0.24

Загальна маргинальність екологічної ніші *B. cylindrica* змінювалась несуттєво. Також стабільною була структура маргинальності – відповідні індекси протягом року змінювались несуттєво. Особливості маргинальності вказують на те, що молюск *B. cylindrica* надає перевагу більш освітленим ділянкам з підвищеним режимом живлення та контрастними умовами існування. Цей вид уникає ділянок з більшим вмістом карбонатів, з більшим проективним покриттям жабриці рівнинної, більш твердим у верхніх шарах ґрунтом.

Маргинальність екологічної ніші *M. cartusiana* протягом року зменшувалась. Весною та влітку особливості екологічної ніші характеризувались великим рівнем подібності. Восени відбулись певні перебудови екологічного простору. У весняний та літній періоди *M. cartusiana* надавав перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів розміром 0,5–3 мм, з більш високим проективним покриттям латука татарського, режимом аерації, кріоклімату, азотного клімату та омброклімату. Вид уникав ділянок з підвищеним вмістом або дуже дрібних агрегатів (менше 0,25 мм), або порівняно великих (більше 3 мм). Також несприятливі умови для *M. cartusiana* формуються на ділянках без рослинного покриву, або з мертвим рослинним покривом. Також негативно впливає підвищене засолення ґрунту, про що свідчить зростання електропровідності. Восени проявляє себе репелентний вплив таких фізіономічних типів рослинності, як злаки або жабриця.

Максимальний рівень маргинальності *Ch. tridens* встановлений влітку 2013 р. Протягом року структура екологічної ніші залишалась константою. Вид надає перевагу ділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром до 3 мм, з більшим рівнем проективного покриття латука татарського, з більшою аерацією ґрунту, вологістю, показниками кріоклімату та омброклімату. Вид уникає ділянок з порівняно великими агрегатами розміром більш 5 мм, з підвищеним проективним покриттям злаків, режимом континентальності, кислотності та трофності.

Маргинальність екологічної ніші молюска *B. cylindrica* статистично вірогідно відрізняється від випадкової альтернативи (табл. 5.3). Вона досягає максимального рівня влітку та дещо зменшується восени. Аналіз структури маргинальності вказує на те, що молюски надають перевагу ділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром $> 0.25\text{--}0.5$ та $5\text{--}7$ мм, та уникають ділянок з більшим вмістом агрегатів розміром $0.5\text{--}1$ мм.

Варіювання твердості педоземів також може виступати у якості маркера особливостей екологічної ніші молюска *B. cylindrica*. Позитивною маргинальністю характеризується твердість на глибині $5\text{--}20$ та $25\text{--}40$ см, а негативною – на глибині $25\text{--}30$ см. Представники цього виду уникають ділянок з підвищеним проективним покриттям мертвої рослинної органіки (фізіономічний тип V) та надають перевагу ділянкам з підвищеним проективним покриттям злаків (фізіономічний тип I).

Фітоіндикаційні оцінки екологічних режимів також вказують на певні особливості екологічної ніші молюска *B. cylindrica*. Цей вид надає перевагу ділянкам з більш високими показниками режиму змінності зволоження, освітлення, омброклімату та кислотності. Уникають ділянок з підвищеними оцінками кріоклімату та вологості.

Влітку відмічена маргиналізація екологічної ніші молюска *B. cylindrica* за показниками вмісту агрегатних фракцій, за зменшення маргинальності екологічної ніші, за показниками освітлення та кислотності ґрунту. Восени збільшується рівень маргиналізації екологічної ніші за показниками твердості ґрунту. Загальна конфігурація структури маргинальності екологічної ніші молюска *B. cylindrica* протягом року залишається якісно незмінною.

Спеціалізація екологічної ніші молюска *B. cylindrica* протягом 2014 р. статистично вірогідно відрізняється від випадкової альтернативи. Загальний рівень спеціалізації зменшується протягом року.

Таблиця 5.3

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в педоземах по сезонах (2014 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	0.22	0.05	-0.16	0.04	-0.06	0.11	0.30	-0.05	-0.15	0.11	-0.20	0.13	0.30	0.13	-0.02	-0.01	0.05	-0.12
Agr_025_05	0.16	-0.13	0.02	-0.15	0.04	-0.09	0.13	0.05	0.03	-0.17	-0.06	-0.18	0.10	-0.06	0.19	-0.04	0.12	0.11
Agr_05_1	-0.13	-0.37	0.24	-0.35	0.23	-0.05	-0.26	-0.37	0.21	-0.12	0.28	-0.36	-0.20	0.12	0.15	-0.03	0.21	-0.15
Agr_1_2	-0.03	-0.01	0.18	-0.06	0.22	-0.13	-0.16	0.02	0.21	-0.02	0.19	-0.09	-0.11	0.28	0.21	0.16	0.07	-0.27
Agr_10	0.10	-0.17	-0.06	-0.07	-0.23	-0.39	0.13	-0.18	-0.03	-0.01	-0.19	-0.09	0.10	0.27	-0.07	-0.21	-0.07	-0.16
Agr_2_3	-0.07	-0.19	0.17	-0.12	0.20	0.04	-0.16	-0.38	0.21	0.05	0.17	-0.11	-0.15	0.36	0.11	-0.31	-0.05	0.08
Agr_3_5	-0.07	0.01	-0.24	0.09	-0.14	-0.06	0.02	-0.18	-0.25	0.13	-0.17	0.05	0.02	0.24	-0.11	-0.27	-0.13	-0.10
Agr_5_7	0.32	0.09	-0.08	-0.02	-0.28	-0.05	0.26	0.17	-0.21	-0.03	-0.25	-0.13	0.20	-0.19	-0.41	0.04	-0.15	-0.03
Agr_7_10	-0.09	0.03	-0.15	-0.10	-0.21	-0.04	0.03	-0.13	-0.21	-0.09	-0.14	0.05	0.01	0.35	-0.25	0.25	-0.07	-0.12
Im_05	-0.03	-0.06	0.01	-0.08	-0.22	-0.15	0.02	0.00	0.02	-0.01	-0.12	-0.02	0.03	-0.01	0.05	0.17	0.06	0.07
Im_10	0.03	0.01	-0.11	-0.01	-0.24	0.30	0.06	0.02	-0.17	0.03	-0.20	-0.02	0.11	0.03	-0.13	-0.18	0.00	0.01
Im_15	0.06	0.06	0.07	0.10	-0.01	-0.02	0.07	-0.05	-0.09	0.02	0.00	0.13	0.11	-0.04	0.11	-0.21	0.20	0.13
Im_20	0.20	0.07	-0.06	0.05	0.05	0.03	0.27	0.12	-0.09	0.07	-0.05	0.06	0.29	-0.14	0.31	0.20	0.18	-0.24
Im_25	-0.07	0.04	0.10	0.03	0.07	-0.03	0.06	-0.04	0.12	0.05	-0.08	-0.04	0.09	0.00	0.26	0.08	0.16	-0.12
Im_30	-0.23	-0.10	0.03	-0.11	0.19	-0.02	-0.09	-0.01	0.10	-0.02	0.09	-0.07	-0.04	0.04	0.00	-0.02	0.20	0.10
Im_35	0.11	-0.04	0.01	0.14	-0.02	-0.27	0.14	-0.15	0.06	0.12	-0.02	0.00	0.16	-0.04	-0.10	-0.16	0.27	0.08
Im_40	0.15	0.09	0.10	-0.09	0.03	0.37	0.17	0.14	0.17	-0.26	0.04	0.07	0.16	-0.02	0.04	-0.34	0.25	-0.02
Im_45	0.02	-0.06	0.11	-0.05	0.15	0.01	0.12	-0.03	0.13	0.02	0.06	-0.08	0.19	-0.02	0.14	0.27	0.41	0.11
Im_50	-0.02	0.07	0.09	0.02	0.19	0.01	0.06	0.09	0.16	0.02	0.20	0.12	0.13	0.11	0.16	0.06	0.44	-0.12
Type_1	0.30	0.17	0.11	0.22	0.04	0.19	0.27	-0.21	0.05	0.30	-0.13	0.30	0.25	0.17	-0.09	-0.04	-0.01	0.43

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_2	-0.07	-0.14	0.11	-0.03	-0.14	0.07	0.00	-0.31	0.08	0.12	-0.03	0.08	-0.10	0.17	-0.39	0.08	-0.02	0.01
Type_3	0.02	0.06	0.24	0.10	0.20	0.23	0.14	-0.16	0.20	0.25	0.12	0.16	0.06	0.26	0.14	-0.19	0.16	0.22
Type_4	-0.09	0.09	0.01	0.02	0.06	0.14	-0.03	0.10	0.04	0.10	-0.01	0.05	0.01	0.07	0.08	-0.09	0.06	0.13
Type_5	-0.21	-0.12	-0.10	-0.11	0.07	0.04	-0.19	-0.17	-0.10	-0.11	0.12	0.05	-0.13	0.03	0.07	-0.22	0.05	0.21
Type_6	0.00	0.22	-0.14	0.30	-0.17	0.54	-0.10	-0.27	-0.14	0.54	-0.04	0.46	-0.04	0.34	0.08	0.09	-0.10	0.45
Ae	0.05	-0.10	0.02	-0.15	0.15	-0.12	-0.05	0.08	-0.07	-0.12	0.20	-0.08	-0.01	-0.14	0.10	-0.03	0.06	0.22
Ca	0.03	0.09	0.12	0.05	-0.02	-0.06	-0.07	0.04	0.21	-0.06	0.04	-0.03	-0.14	-0.02	-0.14	0.17	-0.10	0.12
Cr	-0.43	0.71	0.27	0.71	0.32	-0.03	-0.42	0.47	0.24	0.53	0.40	0.54	-0.40	-0.28	0.10	-0.14	0.28	0.00
EC	-0.01	-0.10	-0.39	-0.05	-0.08	-0.06	0.09	-0.01	-0.31	-0.03	-0.17	-0.05	0.17	-0.06	-0.08	-0.14	0.04	0.14
fH	0.29	0.20	-0.27	0.16	-0.31	0.04	0.30	0.05	-0.24	0.12	-0.35	0.16	0.31	0.18	-0.20	-0.01	-0.24	0.00
Hd	-0.18	-0.04	0.23	-0.05	0.21	0.11	-0.26	-0.06	0.17	-0.02	0.33	-0.04	-0.27	0.12	0.17	-0.05	0.17	-0.03
Kn	-0.07	-0.03	-0.18	-0.02	0.00	0.01	0.07	-0.10	-0.08	0.01	-0.15	-0.01	0.12	0.06	0.09	-0.02	0.02	-0.19
Lc	0.18	-0.02	0.31	-0.07	-0.08	0.09	0.08	0.09	0.24	-0.06	-0.08	0.04	0.02	-0.10	-0.12	-0.09	-0.04	0.15
Nt	0.05	0.02	0.01	-0.04	0.21	-0.07	0.01	-0.02	0.17	-0.01	0.04	0.09	0.01	0.03	0.09	0.25	0.04	0.13
Om	0.36	0.16	-0.12	0.15	0.00	0.02	0.13	0.02	0.01	0.08	-0.09	0.09	0.16	-0.04	0.14	0.07	-0.09	-0.03
Rc	0.13	-0.01	0.01	0.05	0.12	0.11	-0.03	-0.07	0.13	0.11	0.02	0.16	-0.04	0.03	0.16	-0.20	-0.01	-0.04
Sl	0.02	0.06	-0.04	-0.02	0.08	0.07	0.10	0.04	-0.04	0.01	-0.04	0.07	0.14	-0.14	-0.01	0.07	0.09	-0.06
Tm	-0.02	0.00	0.27	-0.01	0.07	-0.04	-0.10	0.03	0.25	-0.10	0.00	0.01	-0.14	0.05	-0.02	-0.17	-0.07	-0.14
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.32	0.01	0.48	0.01	0.61	0.01	0.48	0.01	0.34	0.01	0.77	0.01	0.46	0.01	0.15	0.05	0.36	0.01
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	3.20	0.08	5.50	0.01	2.53	0.45	2.32	0.22	3.78	0.15	4.94	0.05	2.02	0.13	1.96	0.72	2.71	0.82

Головні аспекти спеціалізації визначає вміст агрегатів розміром 0,25 – 1мм, фітоіндикаційні оцінки кріоклімату та омброклімату. Загальний патерн спеціалізації екологічної ніші молюска *B. cylindrica* протягом року залишається константним.

Для молюска *M. cartusiana* маргинільність екологічної ніші зменшувалась протягом 2014 р. Цей вид надає перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів з розміром 0,5–3 мм та меншим вмістом агрегатів з розміром < 0,25 або більше 3 мм. Преферентним фізіономічним типом для *M. cartusiana* є тип III – латук татарський. Цей вид уникає ділянок з відкритою поверхнею ґрунту (тип VI) та з високим рівнем мінералізації ґрунтового розчину, на що вказують підвищені показники електричної провідності ґрунту.

Фітоіндикаційні оцінки вказують на преференцію молюском *M. cartusiana* ділянок з підвищеним світловим режимом, показниками термоклімату, кріоклімату та режиму зволоження. Уникають ділянок з підвищеними оцінками змінності зволоження, континентальності та омброклімату. Протягом року спостерігаються деякі кількісні флуктуації структури маргинальності екологічної ніші *M. cartusiana* при загальній її константності.

Рівень спеціалізації екологічної ніші зменшується протягом року. Основні аспекти спеціалізації екологічної ніші *M. cartusiana* визначають такі властивості середовища, як вміст агрегатів 0.5–1 мм, твердість на глибині 5–10 см, проективне покриття фізіономічних типів I та VI та режим кріоклімату.

Для молюска *Ch. tridens* найбільший рівень маргинальності екологічної ніші встановлений для літа 2014 р. Цей вид надає перевагу ділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром 0,25–3 мм та уникає ділянок з більш великими за розмірами агрегатами. Уникає ділянок з підвищеної твердістю ґрунту на малих глибинах та надає перевагу ділянкам там, де твердість на глибині більше 30 см вища. З фізіономічних типів рослинності більш

преферентним є тип III – латук татарський. Молюск *Ch. tridens* уникає ділянок з відкритим ґрунтом. Найбільшу перевагу мають ділянки з більшими значеннями фітоіндикаційних оцінок режиму аерації, кріоклімату, вмісту доступних форм азоту та кислотності. Уникають молюски *Ch. tridens* ділянок з підвищеною змінністю зволоження.

Найбільший рівень спеціалізації екологічної ніші молюска *Ch. tridens* встановлений для літнього періоду. Головними аспектами спеціалізації є вміст агрегатів розміром більш 10 мм, твердість на глибині 25–30 см, процент відкритої поверхні ґрунту.

Оцінка параметрів екологічних ніш молюсків дозволила оцінити просторову варіабельність індексу переваги місцеперебувань (рис. 5.1–5.3). Конфігурація мінливості цього показника в просторі вказує на те, що педоземи представляють гетерогенне середовище існування для молюсків. У межах дослідного полігону ділянки з найбільшим рівнем сприятливості умов співіснують з ділянками з досить низьким рівнем сприятливості. Для всіх трьох досліджених видів молюсків спостерігається певна подібність просторового розподілу, що обумовлено спільними екологічними рисами цих тварин (рис. 5.4). Ця спільність проявляє себе у тому, що всі три види надають перевагу ділянкам з більшим проективним покриттям фізіономічного типу III (індикатором цього типу є латук татарський), з більшими показниками кріоклімату, більшим рівнем забезпечення трофічними ресурсами рослин, більшим вмістом агрегатів розміром більше 10 мм та більшою твердістю на глибині 40–50 см. У свою чергу, всі види молюсків у межах педоземів уникають фізіономічного типу рослинності II (індикатор – жабриця рівнинна) та мертвої рослинної органіки, або відкритих ділянок ґрунту, а також уникають ділянок з більшим вмістом малих за розміром агрегатів ($> 0.25 - 5$ мм).

У свою чергу, екологічні ніші окремих видів молюсків характеризуються рисами специфічності.

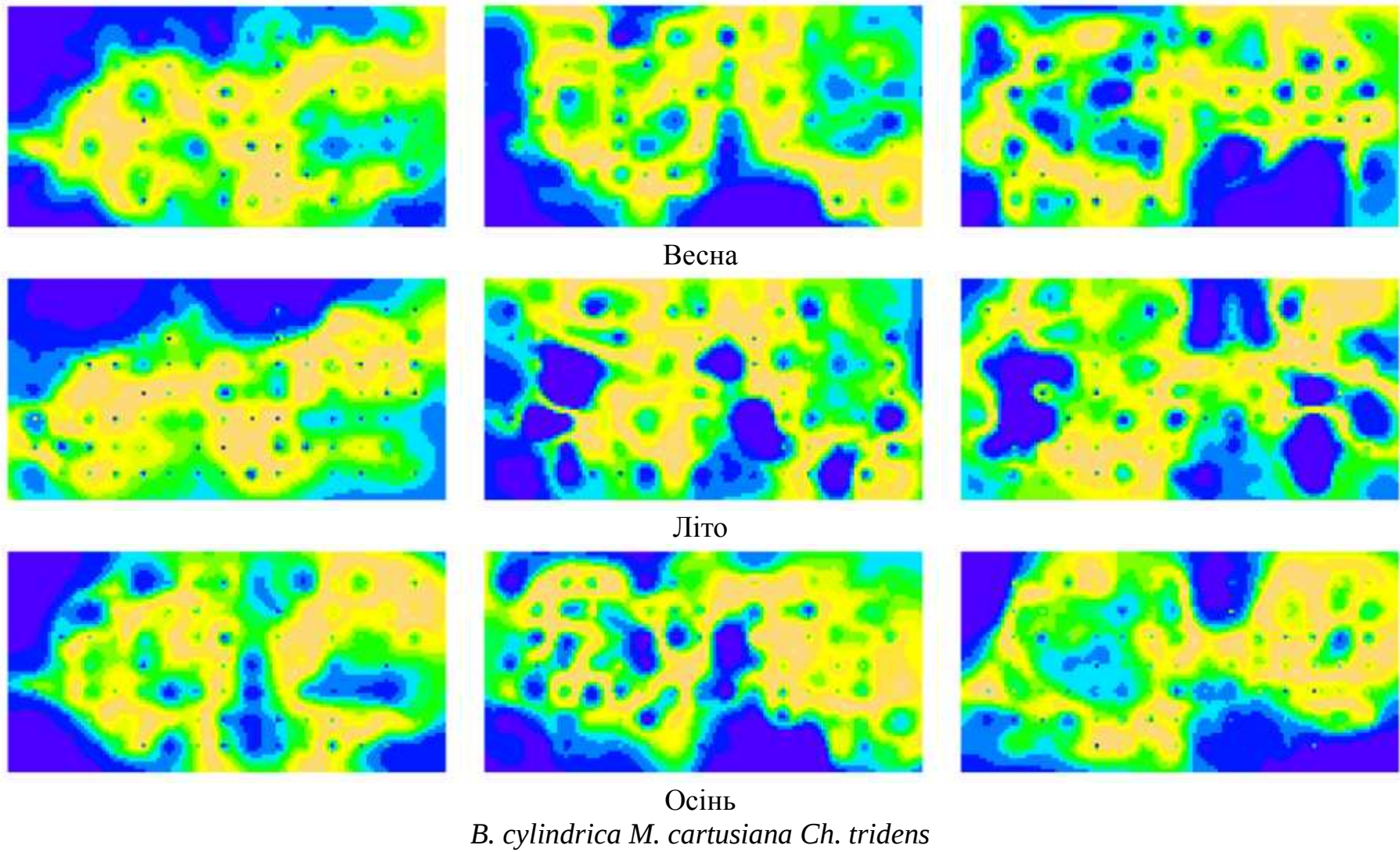


Рис. 5.1. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах педоземів в 2012 р. по сезонах

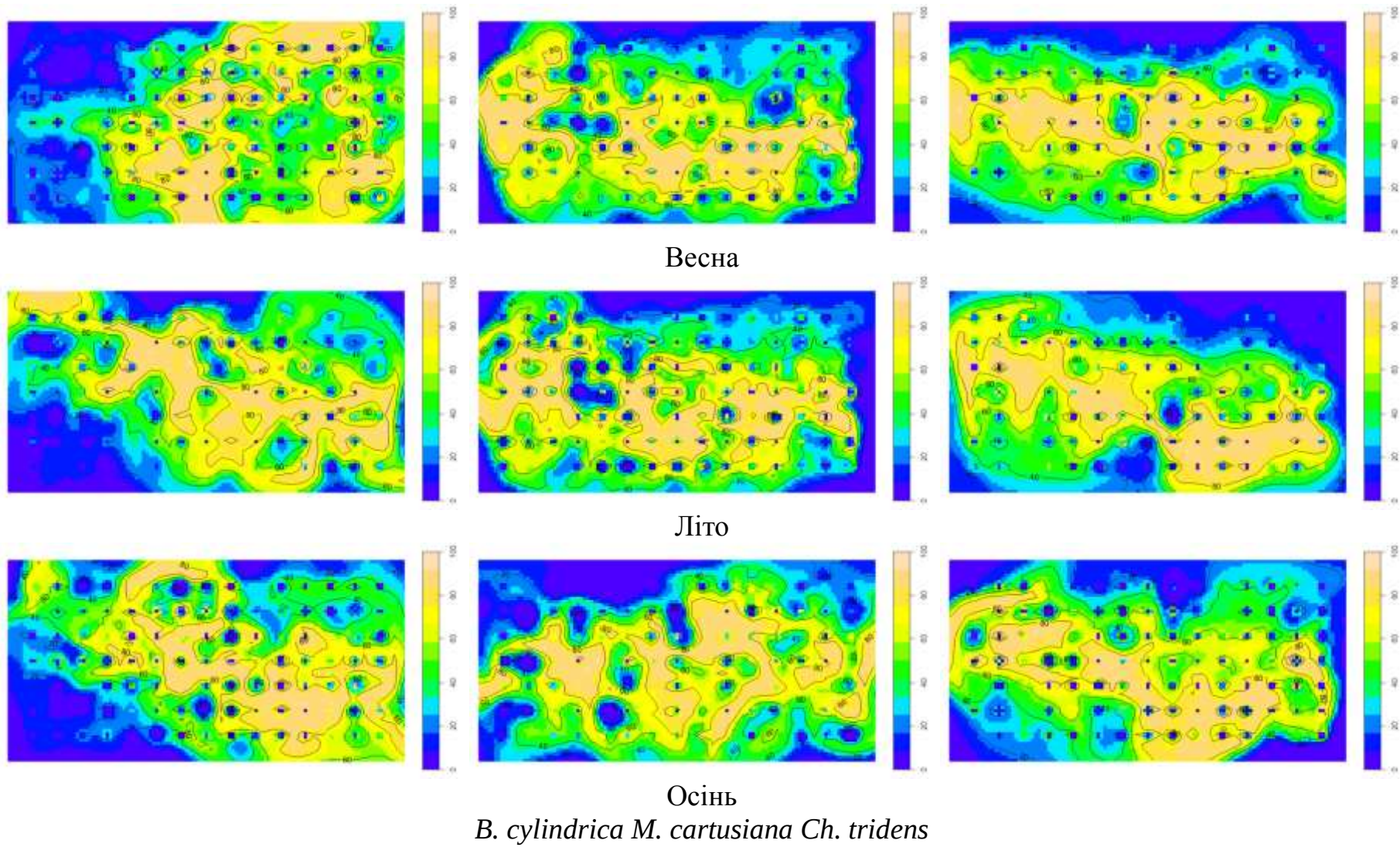


Рис. 5.2. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах педоземів в 2013 р. по сезонах

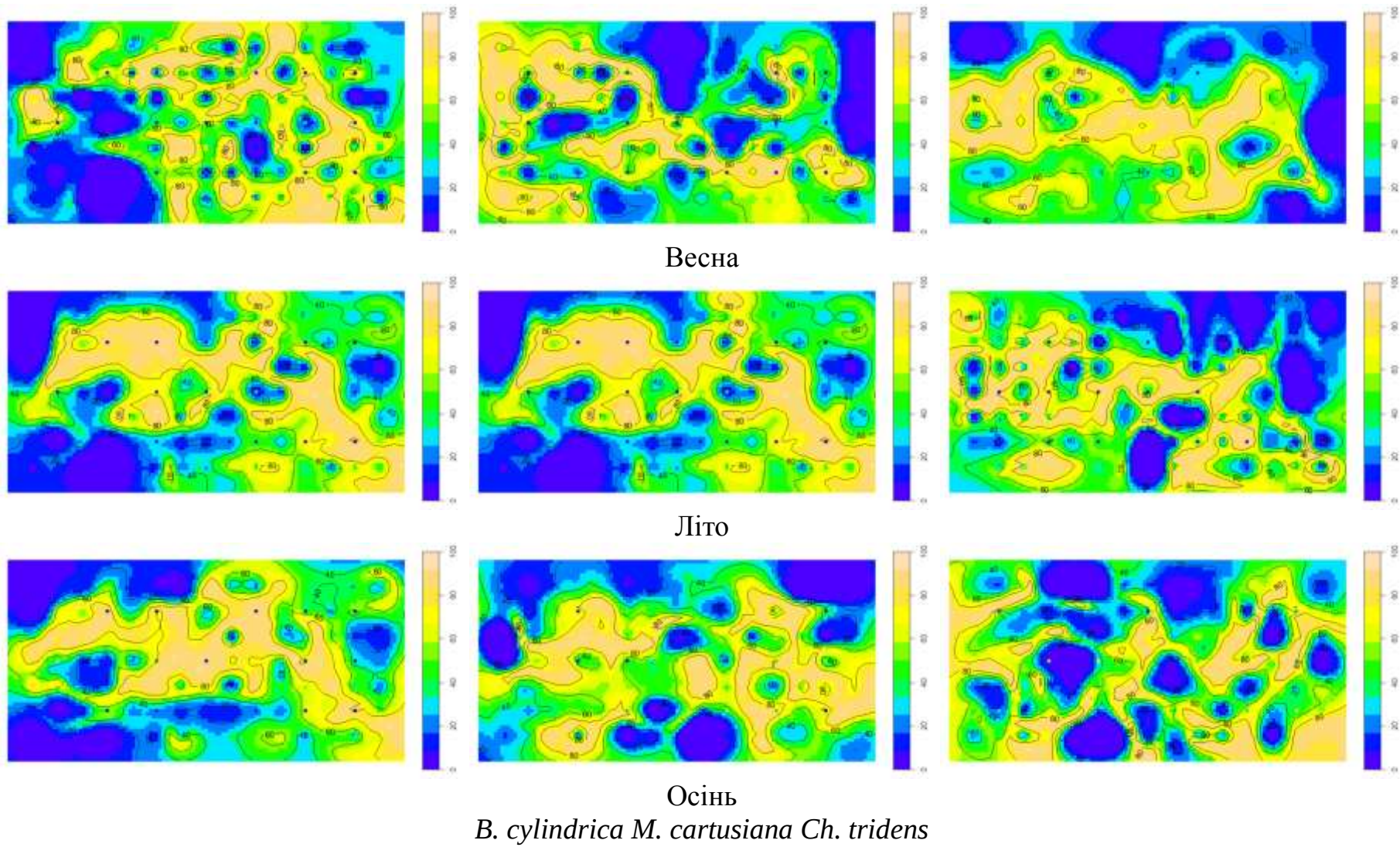


Рис. 5.3. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах педоземів в 2014 р. по сезонах

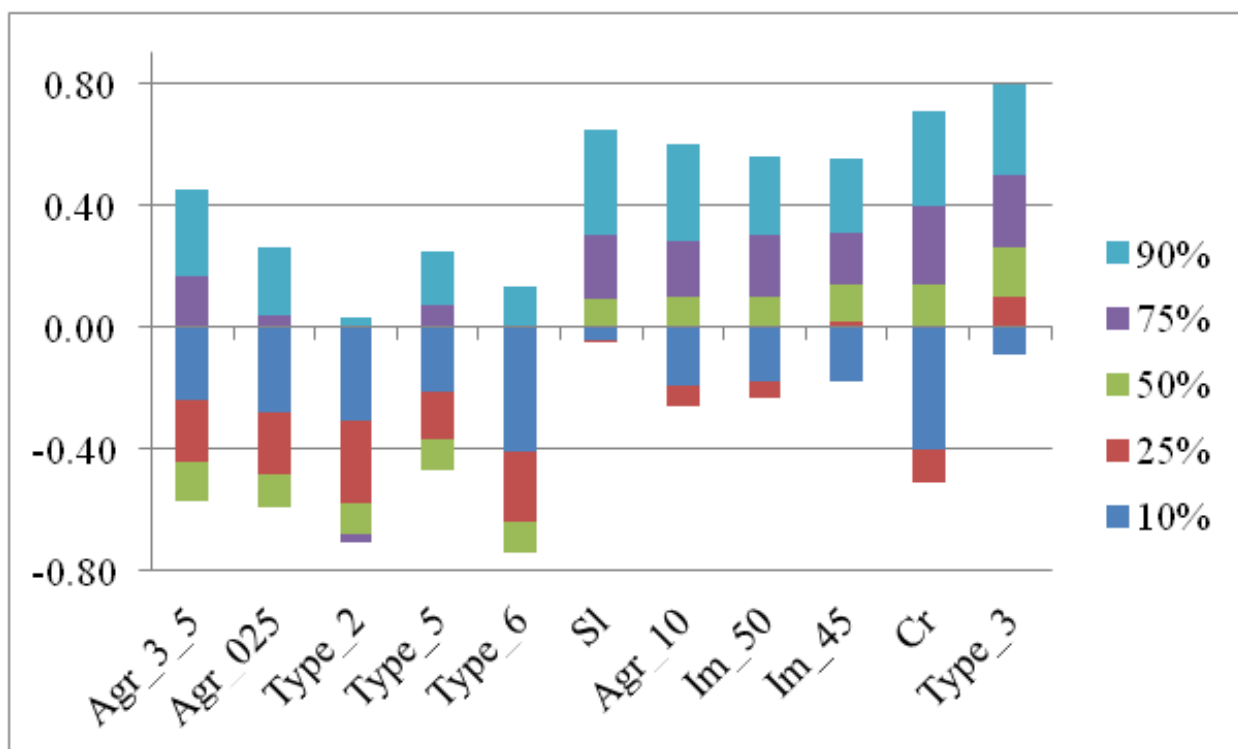


Рис. 5.4. Параметри маргинальності екологічної ніші для трьох видів молюсків у межах педоземів.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Особливості екологічної ніші молюска *B. cylindrica* в межах біогеоценозу, який сформований на педоземах, полягають у тому, що цей вид надає перевагу умовам з більшим рівнем забезпечення рослин мінеральним живленням, більшим освітленням, більшим вмістом агрегатів розміром більше 3 мм та більшою твердістю на глибині 15–20 см (рис. 5.5).

Молюски *B. cylindrica* уникають ділянок з підвищеними фітоіндикаційними показниками кріоклімату, з більшим вмістом агрегатів розміром 0,5–3 мм та уникають рослинного фізіономічного типу II (індикатор – жабриця рівнинна).

Молюски *M. cartusiana* надають перевагу фізіономічному типу III (індикатор – латук татарський), ділянкам з підвищеним вмістом агрегатних фракцій розміром 0,5–3 мм та режиму підвищеного зволоження едафотопу (рис. 5.6).

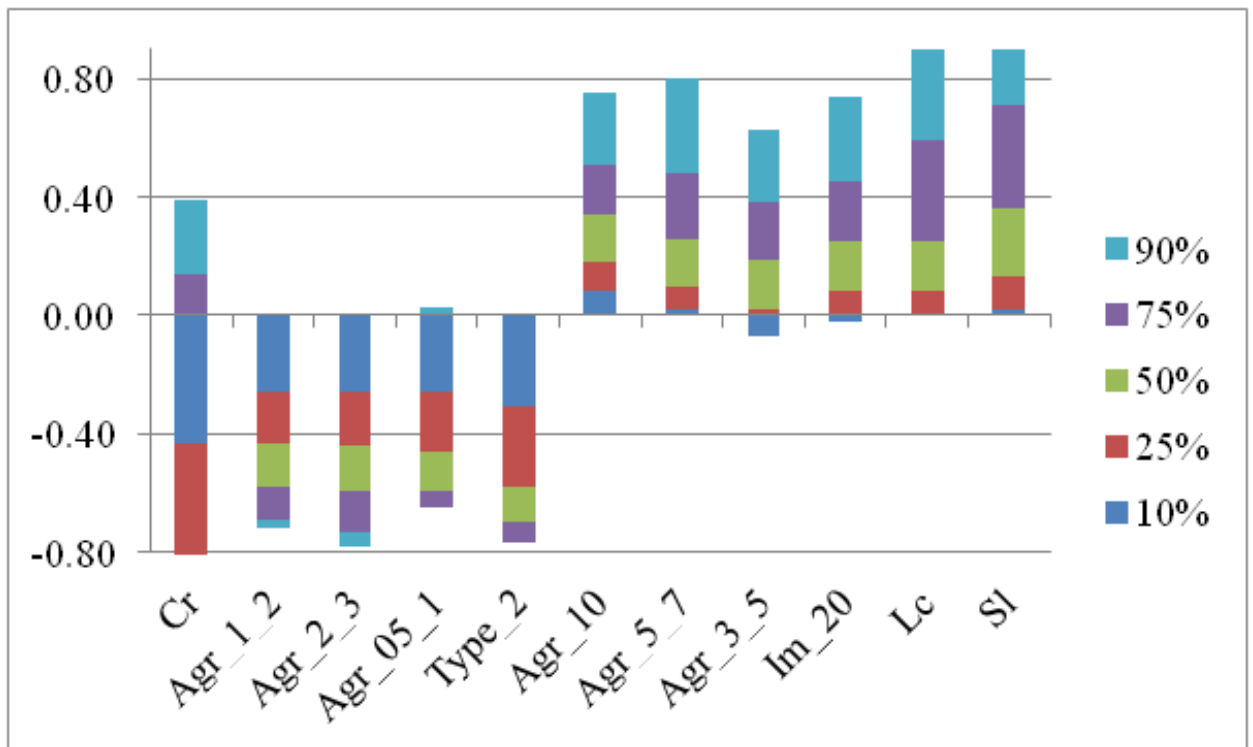


Рис. 5.5. Параметри маргинальності екологічної ніші *B. cylindrica* в межах педоземів.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

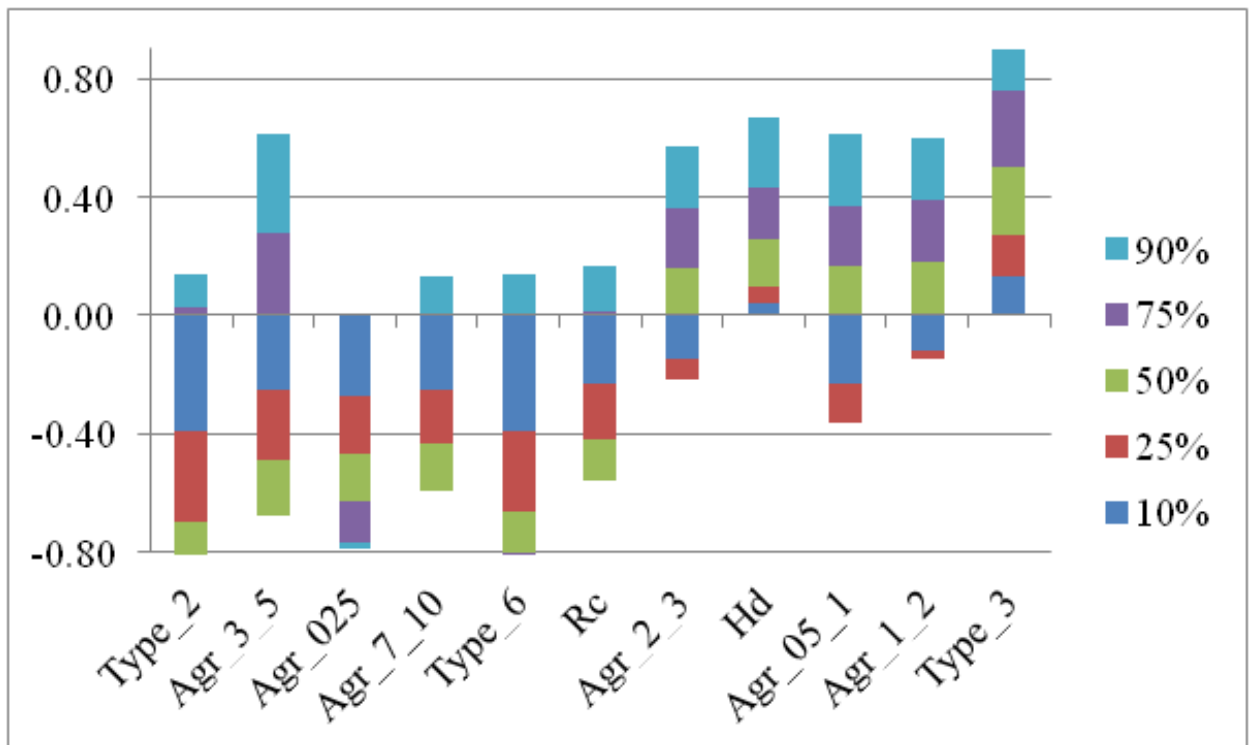


Рис. 5.6. Параметри маргинальності екологічної ніші *M. cartusiana* в межах педоземів.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Особливості маргинальності екологічної ніші *M. cartusiana* вказують на те, що в умовах педоземів, представники цього виду намагаються уникати ділянок з підвищеною (дуже лужною) реакцією середовища. Також менш сприятливі умови для цього виду формуються при більшому рівні проективного покриття такого фізіономічного типу, як тип II (індикатор – жабриця рівнинна) та в умовах відкритого ґрунту. Моллюск *M. cartusiana* уникає ділянок з підвищеним вмістом пилу в агрегатній структурі, а також порівняно великих агрегатних фракцій (7–10 мм).

Загальні властивості екологічної ніші моллюска *Ch. tridens*, які встановлені за період дослідження для біогеоценозу в межах педозему, вказують на преференцію цим видом ділянок з більшими значеннями фітоіндикаційних оцінок кріоклімату (рис. 5.7).

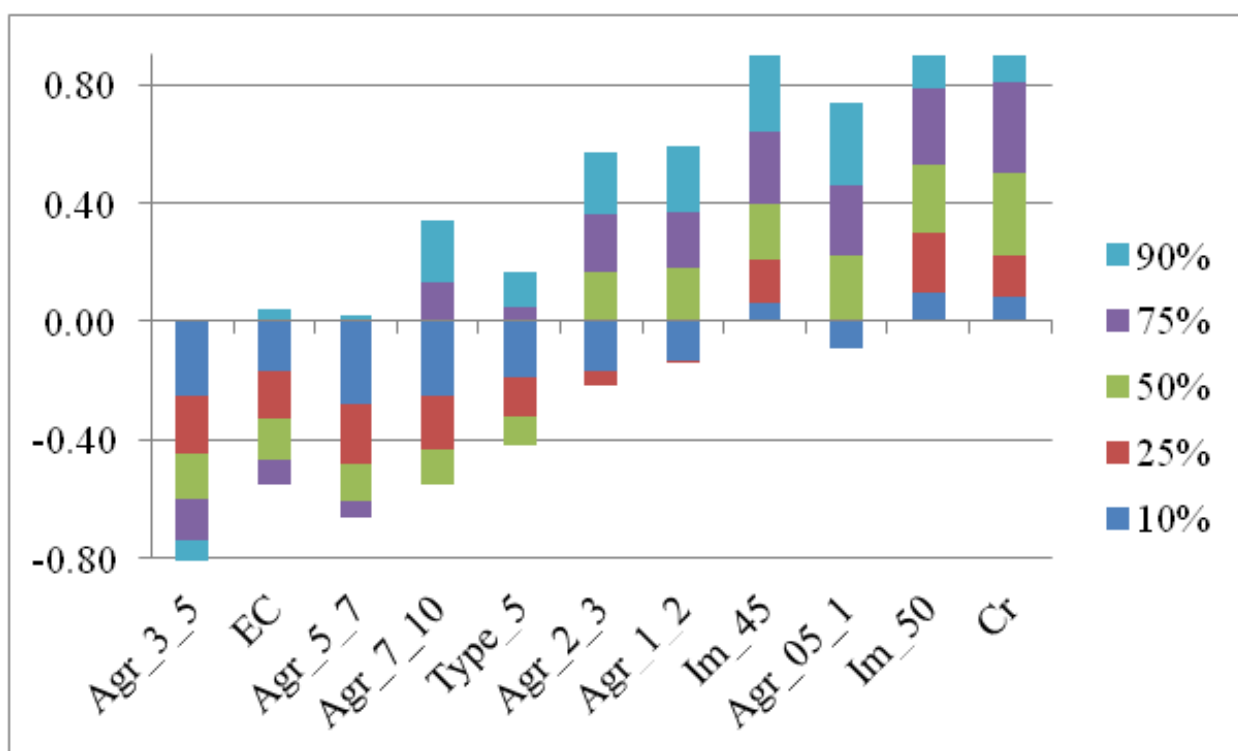


Рис. 5.7. Параметри маргинальності екологічної ніші *Ch. tridens* в межах педоземів.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Також сприятливі умови існування *Ch. tridens* співпадають з підвищеним вмістом агрегатних фракцій розміром 0,5–3 мм. Також

представники даного виду найчастіше зустрічаються там, де спостерігаються більші значення твердості на глибині 40–50 см. Негативні умови для *Ch. tridens* маркуються зменшеними значеннями електричної провідності, що ми можемо зв'язати з рівнем вмісту вологи у ґрунті. Також молюски уникають ділянок з підвищеним умістом більш великих агрегатних фракцій – 3–10 мм. Молюски *Ch. tridens* намагаються уникати мертвих рослинних залишків.

Таким чином, в умовах педоземів головними аспектами диференціації екологічних ніш наземних молюсків є структура рослинного покриву. Особливості рослинного покриву визначають патерни просторової організації педозему та регулярності варіювання едафічних властивостей. Це пояснює індикативне значення едафічних властивостей як маркерів екологічної ніші молюсків. Молюски тісно пов'язані з рослинами, що пояснює їх уникнення від ділянок без рослинності. В досить посушливих умовах живі рослини є також джерелом води, в цьому ми вбачаємо їх негативне відношення до мертвої рослинної органіки.

Агрегатний склад є найважливішим маркером екологічних ніш молюсків. Кореневі системи рослин є значним фактором формування агрегатної структури, тому структура рослинного покриву визначає особливості просторового варіювання агрегатних фракцій.

Аналогічно можемо припустити, що твердість педозему також суттєвим чином модулюється архітектурою корневих систем рослин, що може пояснити зв'язок особливостей просторового розміщення наземних молюсків з твердістю ґрунту на глибині 40–50 см. Також слід утриматися від прямої інтерпретації фітоіндикаційних шкал відповідно до їх номінації. Найбільш вірогідно, що різні фітоіндикаційні шкали на рівні дослідженого полігону сильно скорельовані, тому деякі шкали слід розглядати як такі, що несуть більш широке смислове навантаження. Так, у межах дослідженого полігону не може спостерігатися суттєвих відмінностей режиму континентальності або кріоклімату. Виявлені тренди погодженої мінливості видів рослинного покриву, що виявляють себе у вигляді регулярного

варіювання у просторі деяких фітоіндикаційних шкал, можуть бути ініційовані дещо іншими причинами, ніж тими, завдяки яким названі відповідні шкали.

5.2. Дерново-літогенні ґрунти на лесоподібних суглинках

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках у 2012 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив (табл. 5.4). Це свідчить про те, що досліджена територія не сприймається молюсками як однорідна. Протягом вегетаційного періоду маргинальність демонструє стійку тенденцію до зростання. Таким чином, найбільш сприятливі умови для існування молюсків формуються навесні та протягом року стають більш жорсткими. Найбільш маргинальні умови у межах дослідженого біогеоценозу формуються для молюска *Ch. tridens*.

Спеціалізація також зростає протягом року для молюска *B. cylindrica*. Для молюска *M. cartusiana* спеціалізація є найменшою влітку, а найбільшою – восени. Для молюска *Ch. tridens* спеціалізація є найбільшою влітку, а найменшою – навесні. Найбільшою спеціалізацією характеризується екологічна ніша молюска *Ch. tridens*.

Навесні маргинальність екологічної ніші молюска *B. cylindrica* визначається переважно такими еколого-географічними предикторами, як вміст деяких агрегатів у ґрунті, фізіономічні особливості рослинного покриву та такі екологічні режими, як вологість едафотопу та режим кріоклімату.

Таблиця 5.4

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках по сезонах (2012 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Вміст агрегатних фракцій, %																		
< 0.25 мм (Agr_025)	0.06	0.15	-0.01	-0.04	-0.11	0.18	0.03	-0.28	0.02	0.14	0.09	0.17	-0.13	-0.09	-0.20	0.04	0.07	-0.06
0.25–0.5 мм (Agr_025_05)	0.08	-0.22	0.05	-0.08	-0.07	-0.02	0.10	0.09	0.04	0.10	0.15	-0.20	-0.06	-0.11	-0.12	-0.06	0.11	0.21
0.5–1 мм (Agr_05_1)	0.10	0.19	0.06	0.22	-0.09	0.14	0.08	-0.07	0.10	-0.05	0.04	0.32	0.01	-0.16	-0.02	0.18	0.01	0.27
1–2 мм (Agr_1_2)	-0.12	0.04	-0.09	0.08	-0.02	0.10	-0.03	-0.07	-0.05	-0.02	-0.14	0.05	0.02	-0.10	0.08	0.10	-0.17	-0.01
2–3 мм (Agr_2_3)	-0.12	0.04	-0.09	0.08	-0.02	0.10	-0.03	-0.07	-0.05	-0.02	-0.14	0.05	0.02	-0.10	0.08	0.10	-0.17	-0.01
3–5 мм (Agr_3_5)	-0.05	0.03	-0.02	0.08	0.07	0.15	-0.11	-0.07	-0.08	0.09	-0.15	0.20	0.05	-0.19	0.03	0.12	-0.11	0.18
5–7 мм (Agr_5_7)	0.14	-0.15	0.27	-0.07	0.36	-0.35	0.29	-0.08	0.30	0.13	0.32	-0.05	0.14	0.08	0.26	0.08	0.34	-0.26
7–10 мм (Agr_7_10)	0.12	0.12	0.24	-0.12	0.29	0.13	0.25	0.02	0.25	0.01	0.28	0.00	0.06	-0.06	0.20	0.01	0.29	-0.07
> 10 мм (Agr_10)	-0.08	-0.05	-0.07	0.16	-0.03	0.00	-0.17	-0.05	-0.11	0.07	-0.17	0.11	-0.08	-0.12	0.04	0.12	-0.12	0.13
Твердість ґрунту на глибині, МПа																		
0–5 см (Im_05)	-0.01	-0.06	-0.02	0.07	-0.04	-0.03	-0.08	-0.06	-0.07	0.05	-0.08	0.04	0.05	-0.03	0.06	0.19	-0.03	0.04
5–10 см (Im_10)	0.14	0.07	0.28	0.13	0.18	0.16	0.15	-0.16	0.35	0.06	0.14	0.23	0.10	-0.17	0.23	0.08	0.24	-0.10
10–15 см (Im_15)	0.01	0.05	0.11	0.10	0.18	0.09	0.01	0.30	0.30	-0.21	0.13	-0.07	0.11	0.10	0.13	0.04	0.08	-0.07
15–20 см (Im_20)	0.06	-0.38	0.15	-0.50	0.10	-0.11	0.06	-0.41	0.27	0.55	0.02	0.25	0.15	-0.09	0.16	-0.42	0.07	0.21
20–25 см (Im_25)	-0.09	0.36	0.05	0.41	0.07	0.22	-0.12	-0.10	0.14	-0.19	0.01	-0.10	-0.08	-0.14	0.06	0.42	0.03	0.13
25–30 см (Im_30)	0.08	0.07	0.16	0.07	0.13	0.41	0.04	-0.03	0.21	0.08	0.15	0.30	0.01	-0.09	0.12	0.18	0.19	0.23
30–35 см (Im_35)	0.02	-0.02	0.11	0.00	0.16	-0.21	-0.01	0.07	0.11	-0.18	0.14	-0.44	-0.04	0.11	0.10	-0.06	0.13	-0.05
35–40 см (Im_40)	-0.09	-0.09	-0.10	-0.01	-0.14	0.07	-0.15	0.10	-0.14	0.09	-0.05	0.00	0.01	0.09	-0.07	-0.06	-0.13	-0.16
40–45 см (Im_45)	0.01	-0.12	-0.06	0.03	-0.19	-0.05	-0.04	-0.03	0.07	0.14	-0.01	0.18	0.09	0.09	-0.11	-0.03	0.02	0.13
45–50 см (Im_50)	-0.02	0.27	-0.07	0.01	-0.29	-0.19	-0.08	-0.03	-0.03	-0.26	-0.16	-0.23	0.18	-0.14	-0.17	-0.02	-0.15	-0.03

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Фізіономічні типи рослинності																		
Type_1	-0.03	-0.07	0.02	-0.06	-0.07	-0.01	0.00	0.25	0.03	-0.28	0.04	-0.23	-0.07	0.43	-0.03	-0.09	0.08	-0.28
Type_2	-0.27	0.44	-0.10	0.08	0.20	-0.09	-0.16	-0.18	-0.02	-0.10	0.11	-0.04	-0.32	0.19	-0.15	-0.04	0.03	0.25
Type_3	0.52	0.13	0.51	0.27	0.06	-0.17	0.42	-0.09	0.33	-0.28	0.05	-0.05	0.44	-0.26	0.40	0.08	0.30	0.37
Type_4	-0.43	-0.18	-0.31	0.25	0.01	0.12	-0.29	0.02	-0.15	-0.09	0.05	0.26	-0.34	-0.36	-0.30	-0.05	-0.12	0.38
Type_5	-0.32	-0.31	-0.19	-0.28	-0.06	-0.25	-0.28	0.42	-0.26	-0.20	0.00	0.09	-0.21	0.22	-0.17	-0.40	-0.09	0.13
Type_6	0.26	-0.10	0.11	0.04	0.01	-0.17	0.19	0.23	0.13	-0.22	-0.03	-0.08	0.45	0.23	0.21	-0.13	-0.06	-0.16
Фітоіндикаційні оцінки екологічних факторів																		
Ae	-0.05	-0.03	-0.18	-0.06	-0.20	0.23	-0.13	0.04	-0.13	0.14	-0.17	0.21	0.02	0.04	-0.07	-0.11	-0.04	0.08
Ca	0.07	-0.02	0.01	-0.21	0.17	0.21	0.06	0.16	0.00	-0.08	0.00	0.07	0.09	-0.02	0.16	-0.11	-0.02	-0.06
Cr	-0.16	0.14	-0.11	0.08	0.08	0.06	-0.15	-0.16	0.05	-0.11	0.16	0.07	-0.30	-0.18	0.05	0.05	0.08	0.11
EC	-0.08	0.13	-0.21	0.16	-0.22	-0.13	-0.16	-0.20	-0.17	0.05	-0.05	0.06	-0.08	-0.30	-0.27	0.30	-0.03	0.14
fH	-0.02	0.08	-0.09	0.07	-0.16	0.20	-0.05	-0.15	-0.06	0.02	0.04	0.12	0.04	-0.09	-0.17	0.11	-0.08	-0.12
Hd	-0.20	0.05	-0.24	0.15	-0.28	-0.11	-0.29	-0.13	-0.10	0.00	-0.41	-0.13	-0.08	-0.03	-0.31	0.18	-0.42	-0.05
Kn	0.14	-0.07	0.11	0.02	0.21	-0.20	0.22	-0.07	0.24	0.02	0.20	0.02	-0.03	0.05	0.17	-0.01	0.10	0.00
Lc	0.05	0.02	0.15	0.23	0.11	-0.01	0.04	-0.02	0.08	-0.28	-0.03	-0.16	-0.03	-0.12	-0.01	0.12	0.05	-0.04
Nt	-0.13	-0.02	0.10	0.06	0.08	0.01	-0.04	-0.09	0.07	-0.06	0.21	0.03	-0.09	0.03	-0.04	0.17	0.14	-0.03
Om	-0.11	-0.02	0.08	-0.08	0.01	0.11	-0.07	0.07	0.11	-0.01	0.00	0.03	0.05	-0.06	0.04	-0.07	-0.04	-0.14
Rc	-0.15	0.02	-0.21	-0.05	-0.32	-0.01	-0.31	-0.11	-0.20	-0.03	-0.39	0.04	-0.01	-0.17	-0.16	0.02	-0.33	-0.06
Sl	-0.09	0.02	0.01	0.04	-0.18	-0.14	-0.07	-0.04	-0.07	-0.11	-0.26	-0.10	0.13	0.02	-0.04	0.06	-0.17	-0.06
Tm	0.04	-0.22	0.11	-0.17	0.05	-0.18	0.05	0.28	0.11	-0.08	0.16	-0.08	-0.20	0.20	-0.10	-0.23	0.23	-0.17
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.11	0.01	0.17	0.01	0.43	0.01	0.13	0.01	0.19	0.01	0.43	0.01	0.19	0.01	0.23	0.01	0.54	0.01
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	1.53	0.01	1.84	0.01	2.37	0.01	1.58	0.01	1.81	0.03	3.53	0.01	1.79	0.01	2.09	0.01	2.96	0.01

Ці молюски надають перевагу мікроділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром від <0.25 до $0.5\text{--}1.0$ мм та $5\text{--}10$ мм і уникають ділянок з підвищеним вмістом агрегатів розміром $1\text{--}5$ та > 10 мм. Роль твердості як маркера екологічної ніші молюска *B. cylindrica* не значна. Хоч можна вказати на деякі більш інформативно цінні показники твердості, але важко вказати на певну закономірність змін цієї цінності з глибиною ґрунту. Із фізіономічних типів молюски *B. cylindrica* надають перевагу типу III (індикатор – латук татарський) та VI (відкрита поверхня ґрунту), а уникають ділянок з переважанням типу II (індикатор – жабриця рівнинна), IV (індикатор – люцерна), V (індикатор – сухостій). Влітку структурні особливості екологічної ніші залишаються значною мірою подібними до весняної конфігурації. Слід відзначити збільшення маргинальності за вмістом у ґрунті агрегатних фракцій розміром $5\text{--}10$ мм, вологістю та трофністю. Восени маргинальність ніші *B. cylindrica* за показниками на основі фітоіндикаційних оцінок суттєво зменшуються. Загалом, протягом всього сезону особливості екологічної ніші *B. cylindrica* залишаються стабільними. Головними аспектами спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* в весняний період є вміст агрегатів розміром $0.25\text{--}0.5$ та $0.5\text{--}1$ мм, твердість ґрунту на глибині $20\text{--}25$ см, проективне покриття фізіономічних типів II та V. При збереженні головних особливостей, для спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* характерна більш важлива роль термоклімату. Восени особливості спеціалізації ніші цього виду доповнюють деякі показники твердості ґрунту.

Маргинальність екологічної ніші *M. cartusiana* навесні визначають такі еколого-географічні предиктори, як вміст агрегатів розміром $5\text{--}7$ та $7\text{--}10$ мм, твердість ґрунту на глибині $5\text{--}20$ см та фізіономічний вигляд рослинного покриву. Цей вид надає перевагу ділянкам з більшим проективним покриттям фізіономічного типу III та уникають ділянок з переважанням фізіономічного типу IV. Надають перевагу ділянкам з підвищеною електричною провідністю. Найбільш сприятливі умови для існування цього виду з підвищеним світловим режимом та континентальністю, а уникають ділянок з

локально збільшеним режимом зволоження. Влітку та восени відбуваються тільки деякі кількісні зміни характеристики екологічної ніші *M. cartusiana*, а загальні якісні особливості залишаються незмінними. Спеціалізацію екологічної ніші *M. cartusiana* визначають такі еколого-географічні предиктори, як вміст агрегатів розміром 0,5–1,0 та > 10 мм, твердість на глибині 15–25 см, вміст карбонатів, вологість та освітлення. Протягом року деякі особливості спеціалізації екологічної ніші *M. cartusiana* дещо змінюються кількісно, при цьому загальна конфігурація спеціалізації залишається незмінною.

Маргинальність екологічної ніші *Ch. tridens* визначають такі еколого-географічні предиктори, як агрегатний склад ґрунту, фізіономічні особливості рослинності та екологічні режими. Цей вид надає перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів розміром 5–10 мм та уникає ділянок з переважанням дрібніших фракцій. Надає перевагу ділянкам з підвищеною твердістю ґрунту на глибині 5–15 см та уникає ділянок з підвищеною твердістю на глибині 35–50 см. Переважними фізіономічними типами для *Ch. tridens* III та IV, а цей вид уникає ділянки з мертвим рослинним покривом. Уникає ділянок з підвищеним вмістом карбонатів. Надає перевагу ділянкам з підвищеним освітленням та зволоженням. Влітку рівень маргіналізації екологічної ніші *Ch. tridens* за рахунок більшої чутливості твердості на деяких глибинах. Загалом, особливості маргинальності екологічної ніші *Ch. tridens* протягом року якісно не змінюються. Спеціалізацію екологічної ніші *Ch. tridens* визначають вміст агрегатів 5–7 мм, твердість ґрунту на глибині 20–30 та 45–50 см, режим аерації, вміст карбонатів, континентальність та терморегімі. Влітку до структури факторів, які визначають спеціалізацію екологічної ніші, додається режим освітлення, твердість на глибині 30–35 см.

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках у 2013 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках по сезонах (2013 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	0.21	-0.13	0.04	-0.28	-0.01	-0.09	0.27	0.07	-0.19	0.04	-0.03	-0.22	0.26	-0.19	-0.08	0.23	-0.16	-0.10
Agr_025_05	0.14	0.19	-0.09	0.05	-0.20	0.17	0.12	0.21	-0.15	-0.19	-0.09	0.14	0.03	0.08	-0.19	-0.30	-0.21	-0.12
Agr_05_1	-0.06	-0.06	0.00	-0.16	-0.09	0.01	-0.01	0.05	-0.12	-0.02	-0.18	-0.02	-0.13	-0.10	-0.14	0.14	-0.18	0.01
Agr_1_2	-0.01	0.08	0.00	-0.21	0.21	0.02	-0.14	-0.01	0.19	-0.21	0.23	-0.04	0.01	-0.06	0.27	0.03	0.28	-0.14
Agr_10	-0.20	0.02	-0.07	-0.18	-0.20	0.09	-0.17	0.04	0.02	-0.13	-0.18	-0.09	-0.12	-0.09	-0.06	0.20	-0.10	0.01
Agr_2_3	-0.01	0.08	0.00	-0.21	0.21	0.02	-0.14	-0.01	0.19	-0.21	0.23	-0.04	0.01	-0.06	0.27	0.03	0.28	-0.14
Agr_3_5	-0.03	0.18	-0.01	-0.05	0.01	0.00	0.03	0.21	-0.03	-0.26	0.01	-0.11	0.04	-0.17	-0.12	-0.10	0.00	-0.12
Agr_5_7	0.04	-0.04	-0.02	-0.15	0.09	-0.02	0.30	-0.06	-0.15	0.02	0.06	0.08	0.12	-0.19	-0.17	0.24	0.02	0.09
Agr_7_10	0.29	-0.01	0.40	0.01	0.09	0.08	0.07	-0.03	0.28	0.26	-0.12	-0.01	0.07	-0.02	0.30	0.10	-0.01	0.10
Im_05	0.27	0.25	0.40	0.21	-0.01	0.08	0.24	-0.18	0.29	-0.30	0.06	0.08	0.22	0.26	0.23	-0.48	-0.07	-0.13
Im_10	0.23	-0.13	0.26	-0.12	0.09	-0.14	0.17	0.12	0.25	0.10	0.00	-0.20	0.24	-0.26	0.29	0.08	-0.03	0.01
Im_15	-0.04	0.09	0.11	-0.03	0.19	0.03	0.07	-0.19	0.09	0.07	-0.03	-0.07	0.14	0.16	0.10	-0.09	-0.08	-0.04
Im_20	-0.02	0.06	0.07	0.14	0.13	0.05	0.02	0.07	0.04	-0.20	-0.01	-0.03	0.06	-0.24	0.05	0.22	0.06	-0.01
Im_25	0.05	0.07	0.13	0.11	0.36	0.06	0.02	0.31	0.17	-0.17	0.26	0.27	0.18	0.30	0.24	-0.26	0.23	-0.32
Im_30	0.15	-0.10	0.22	-0.22	0.24	-0.07	0.08	-0.12	0.17	0.10	0.21	-0.06	0.15	-0.30	0.24	0.28	0.27	0.06
Im_35	0.18	0.00	0.16	0.01	0.18	-0.06	0.15	-0.12	0.13	0.03	0.10	0.10	0.09	0.03	0.05	-0.21	0.12	-0.13
Im_40	0.13	-0.02	0.26	0.07	0.12	0.01	0.19	0.00	0.21	-0.07	0.07	0.15	0.23	-0.03	0.15	-0.02	-0.06	0.00
Im_45	-0.07	-0.24	0.08	-0.13	0.01	-0.05	0.11	-0.14	0.05	-0.02	-0.08	-0.17	0.11	-0.09	0.12	0.01	-0.05	-0.14
Im_50	0.03	0.21	0.29	0.13	0.16	0.08	0.13	0.32	0.23	0.06	0.03	0.32	0.19	0.20	0.22	0.03	-0.02	0.22

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_1	0.10	0.11	0.10	0.10	-0.14	0.13	0.13	-0.09	0.05	-0.02	-0.22	-0.01	0.07	0.08	0.02	0.01	-0.16	-0.03
Type_2	-0.14	-0.01	-0.16	0.37	0.03	0.25	-0.22	-0.09	0.00	0.18	0.22	0.17	-0.12	0.21	0.01	0.03	0.15	0.34
Type_3	-0.11	0.33	-0.07	0.24	-0.20	0.37	0.01	-0.51	-0.23	-0.06	-0.29	0.23	-0.06	0.44	-0.21	-0.03	-0.31	-0.10
Type_4	-0.02	0.06	0.04	0.11	0.28	0.38	-0.10	-0.14	0.17	0.29	0.38	-0.12	-0.07	0.20	0.04	-0.11	0.29	-0.08
Type_5	0.21	0.08	-0.01	0.18	-0.15	0.17	0.22	0.00	-0.05	0.03	0.02	-0.20	0.28	0.06	-0.08	0.15	-0.12	0.03
Type_6	0.05	0.08	0.08	0.31	0.17	0.35	0.00	-0.25	0.12	0.16	0.03	-0.07	-0.06	0.22	0.10	-0.16	0.14	-0.01
Ae	-0.06	0.07	-0.11	0.28	0.23	0.17	0.09	-0.03	-0.02	0.04	0.23	0.27	-0.01	0.17	0.06	-0.17	0.21	0.25
Ca	0.43	0.22	-0.07	0.18	0.04	0.17	0.45	0.02	-0.13	-0.05	0.15	-0.14	0.51	0.16	-0.02	-0.03	0.12	0.30
Cr	-0.26	0.10	0.09	-0.08	0.13	-0.04	-0.28	0.17	0.15	-0.15	0.03	-0.10	-0.15	0.00	-0.01	0.08	0.06	-0.04
EC	0.20	0.08	0.25	0.00	-0.03	-0.21	0.08	0.23	0.08	-0.29	-0.14	-0.07	0.07	0.05	-0.03	0.09	-0.07	-0.34
fH	-0.20	-0.16	0.12	-0.06	-0.09	-0.01	-0.20	0.06	-0.02	0.05	-0.27	-0.13	-0.30	-0.03	-0.18	-0.11	-0.09	-0.03
Hd	0.00	0.03	-0.12	0.15	0.07	0.03	0.19	0.05	-0.06	-0.06	0.12	-0.14	0.14	-0.04	0.15	0.01	-0.04	0.01
Kn	-0.05	-0.14	-0.02	0.07	-0.09	-0.04	0.00	-0.02	-0.08	0.15	0.06	-0.01	-0.05	-0.06	-0.14	-0.10	-0.11	0.17
Lc	0.02	0.11	0.20	0.08	0.02	0.16	-0.11	0.11	0.24	0.10	-0.05	0.01	-0.09	0.05	0.20	0.01	0.00	0.20
Nt	-0.36	0.50	-0.19	-0.03	0.09	-0.44	-0.20	-0.22	-0.09	-0.46	0.16	-0.50	-0.24	0.07	-0.04	-0.13	0.07	-0.40
Om	0.05	0.01	-0.22	-0.05	-0.24	0.01	0.04	0.01	-0.26	0.07	-0.20	0.17	0.07	0.03	-0.15	-0.27	-0.19	-0.19
Rc	-0.19	-0.23	-0.02	-0.11	0.01	0.09	0.00	-0.07	-0.01	0.10	0.16	-0.03	-0.03	-0.06	-0.01	0.12	-0.04	0.03
Sl	0.00	0.32	-0.05	0.22	-0.26	0.22	0.12	-0.22	-0.24	0.03	-0.23	-0.04	0.01	0.11	-0.24	-0.03	-0.34	0.18
Tm	-0.02	0.11	0.20	0.07	0.27	0.09	-0.03	-0.01	0.27	-0.04	0.06	0.20	-0.04	0.03	0.21	0.05	0.26	0.04
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.11	0.01	0.35	0.01	0.23	0.01	0.15	0.01	0.55	0.01	0.13	0.01	0.12	0.01	0.26	0.01	0.31	0.01
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	1.63	0.01	2.63	0.01	2.12	0.01	1.80	0.01	2.88	0.01	1.71	0.61	1.74	0.01	2.00	0.05	2.47	0.01

Загальна маргинальність екологічної ніші *B. cylindrica* протягом сезону змінювалась несуттєво. Також стабільною була структура маргинальності – відповідні індекси протягом року змінювались несуттєво. Особливості маргинальності вказують на те, що молюск *B. cylindrica* надає перевагу ділянкам з підвищеним вмістом карбонатів. Цей вид уникає ділянок з більшим вмістом засвоюваних форм азоту.

Маргинальність екологічної ніші *M. cartusiana* досягла максимального значення влітку, а найменшого – восени. Протягом року особливості екологічної ніші характеризувались великим рівнем подібності. Молюск *M. cartusiana* надає перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів розміром 7–10 мм, з більшою твердістю на глибині 0–10 см, електропровідністю, більшим режимом освітлення та підвищеними характеристиками терморезиму. Вид уникав ділянок з гіпераерацією, підвищеним режимом зволоження та азотного живлення та більш високими показниками омброклімату. Також несприятливі умови для *M. cartusiana* формуються на ділянках з більшим проективним покриттям фізіономічного типу II.

Максимальний рівень маргинальності *Ch. tridens* встановлений восени 2013 р. Протягом року структура екологічної ніші залишалась константою. Вид надає перевагу ділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром до 1–3 мм, з більшою твердістю ґрунту на глибині 10–40 см, з більшим рівнем проективного покриття фізіономічного типу IV (індикатор – люцерна), з більшою аерацією ґрунту, показниками кріоклімату та термоклімату. Вид уникає ділянок з підвищеним проективним покриттям злаків (фізіономічний тип I), підвищеним режимом трофності та омброклімату.

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках у 2014 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив, за винятком молюска *M. cartusiana*, для якого маргинальність екологічної ніші не є статистично вірогідною (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках по сезонах (2014 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	0.17	0.01	0.00	-0.16	-0.15	-0.13	0.27	-0.09	-0.03	-0.10	-0.18	0.02	0.17	-0.03	0.18	0.07	-0.10	0.10
Agr_025_05	-0.09	0.00	-0.13	-0.10	-0.22	0.13	0.03	0.00	-0.17	0.00	-0.14	-0.04	-0.04	-0.06	-0.11	-0.12	-0.19	0.15
Agr_05_1	-0.08	-0.13	0.02	0.01	-0.13	-0.15	-0.07	-0.20	-0.01	0.24	-0.07	0.20	-0.09	0.07	0.05	0.09	-0.10	-0.15
Agr_1_2	0.32	-0.08	0.39	-0.08	0.35	0.04	0.05	-0.12	0.31	-0.04	0.31	0.16	0.21	-0.02	0.01	-0.02	0.39	-0.07
Agr_10	-0.12	0.03	-0.18	0.01	0.01	0.01	-0.07	-0.04	-0.09	0.06	-0.07	0.02	-0.21	0.03	0.00	0.08	-0.11	0.00
Agr_2_3	0.32	-0.08	0.39	-0.08	0.35	0.04	0.05	-0.12	0.31	-0.04	0.31	0.16	0.21	-0.02	0.01	-0.02	0.39	-0.07
Agr_3_5	0.07	-0.11	-0.13	-0.15	0.00	0.13	0.16	-0.21	-0.05	0.09	-0.04	0.00	0.15	-0.09	0.22	-0.05	0.00	0.09
Agr_5_7	0.00	-0.08	-0.07	-0.10	-0.16	0.14	0.23	-0.16	0.19	0.11	-0.10	-0.01	0.18	0.06	0.07	-0.02	-0.13	-0.04
Agr_7_10	0.27	0.11	0.03	-0.23	-0.10	-0.24	0.20	0.01	0.12	0.04	-0.11	0.25	0.21	-0.09	0.02	0.08	0.06	0.09
Im_05	0.22	-0.07	0.19	0.06	-0.02	0.06	0.32	0.03	0.15	0.08	-0.04	0.08	0.09	0.07	0.12	0.10	-0.03	-0.14
Im_10	0.19	0.16	0.20	0.08	-0.04	0.30	0.10	0.13	0.12	-0.08	-0.07	-0.37	0.02	-0.04	-0.03	0.07	-0.06	0.16
Im_15	0.23	0.09	0.18	-0.13	-0.07	-0.21	0.30	-0.09	0.22	0.13	-0.06	0.28	0.12	0.00	0.20	0.00	-0.03	0.15
Im_20	0.15	-0.12	0.15	0.17	-0.09	0.08	0.19	0.14	0.11	-0.20	-0.09	-0.07	0.00	0.08	0.11	-0.03	-0.05	-0.23
Im_25	-0.02	0.08	-0.04	-0.08	-0.07	-0.16	0.04	0.07	-0.03	-0.08	-0.03	0.11	-0.13	-0.14	0.16	-0.14	-0.15	0.15
Im_30	-0.01	0.17	0.13	-0.09	-0.01	0.09	0.05	0.13	0.11	0.06	-0.09	-0.08	-0.07	-0.15	0.05	0.16	-0.06	-0.01
Im_35	0.01	0.01	0.00	-0.12	-0.08	-0.31	-0.03	0.02	-0.03	-0.33	-0.17	0.18	-0.17	-0.11	-0.06	-0.23	-0.10	0.27
Im_40	0.07	0.03	-0.03	0.03	-0.10	0.16	0.01	-0.02	-0.06	0.46	-0.17	-0.01	-0.07	0.13	0.15	0.36	-0.08	-0.02
Im_45	0.10	-0.34	0.03	-0.14	-0.10	0.20	0.07	-0.39	-0.05	0.10	-0.18	0.09	0.01	0.00	0.11	-0.27	-0.16	-0.08
Im_50	0.10	0.19	0.01	-0.19	-0.08	-0.23	0.07	0.14	-0.04	-0.42	-0.14	-0.01	0.05	-0.09	0.03	-0.18	-0.13	-0.10

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_1	-0.10	0.06	-0.06	-0.06	-0.17	-0.10	-0.01	-0.06	-0.11	-0.15	-0.16	0.18	-0.26	-0.20	-0.14	-0.02	-0.15	0.38
Type_2	0.03	0.07	0.23	-0.33	0.27	-0.13	0.01	-0.04	0.15	0.00	0.21	0.24	0.04	-0.08	0.19	0.23	0.16	0.24
Type_3	-0.21	0.38	-0.19	-0.34	-0.29	0.31	-0.11	0.47	-0.24	-0.06	-0.32	0.19	-0.24	-0.56	-0.08	0.27	-0.32	0.00
Type_4	0.15	0.33	0.26	0.14	0.27	-0.04	0.10	0.32	0.39	0.17	0.29	0.16	0.23	-0.22	0.14	0.24	0.29	0.12
Type_5	0.11	0.18	-0.03	-0.02	-0.18	0.19	0.14	0.12	-0.01	0.19	-0.22	0.06	-0.01	-0.10	-0.04	0.21	-0.16	0.10
Type_6	-0.01	0.38	-0.07	-0.38	0.11	0.26	-0.08	0.20	0.01	0.10	0.18	0.20	0.06	-0.43	-0.07	0.32	0.17	0.39
Ae	0.29	0.04	0.24	0.00	-0.01	-0.02	0.22	0.01	0.10	0.09	0.04	-0.07	0.16	-0.01	0.06	0.05	0.09	0.04
Ca	0.17	-0.03	0.16	0.06	0.23	-0.04	-0.02	0.01	0.07	0.27	0.16	0.08	0.06	0.12	0.02	0.27	0.24	-0.19
Cr	-0.09	-0.04	-0.19	-0.10	-0.13	0.00	-0.14	-0.10	-0.22	-0.06	-0.17	-0.05	-0.13	0.01	-0.36	0.01	-0.11	0.01
EC	-0.24	-0.16	-0.22	0.11	-0.16	-0.02	-0.28	-0.15	-0.36	0.22	-0.14	0.18	-0.32	0.23	-0.36	0.21	-0.15	-0.26
fH	-0.07	-0.17	0.19	0.03	0.16	0.13	0.02	0.03	0.21	-0.08	0.15	-0.05	0.19	0.03	0.12	-0.05	0.09	-0.08
Hd	0.11	0.09	0.17	0.08	-0.01	0.30	0.15	0.09	0.21	-0.05	-0.04	-0.46	0.11	-0.10	0.41	-0.08	-0.02	0.29
Kn	-0.09	-0.04	0.01	-0.17	0.23	0.00	-0.23	0.10	-0.07	-0.10	0.21	-0.13	-0.18	-0.13	-0.26	-0.14	0.17	0.23
Lc	0.27	0.04	-0.11	0.10	-0.06	0.11	0.26	0.20	0.11	-0.05	0.01	-0.03	0.23	-0.09	0.17	0.02	0.06	-0.07
Nt	0.25	-0.06	-0.03	0.11	-0.23	-0.25	0.31	0.01	-0.04	-0.02	-0.21	0.16	0.33	0.09	0.06	-0.03	-0.16	0.03
Om	-0.05	0.42	0.13	-0.49	0.01	0.00	0.02	0.34	0.10	-0.02	0.02	0.07	0.10	-0.38	0.22	0.18	-0.02	0.11
Rc	-0.05	0.02	-0.18	0.00	-0.21	0.01	-0.15	0.14	-0.19	0.16	-0.22	-0.08	-0.10	0.04	-0.23	0.25	-0.21	0.06
Sl	-0.05	0.08	-0.04	-0.07	0.02	0.18	-0.04	0.07	0.05	-0.17	0.11	-0.20	0.03	-0.13	-0.15	-0.13	0.12	0.19
Tm	0.07	0.01	0.11	0.06	1.60	0.01	0.07	0.01	0.13	0.03	1.42	0.01	0.05	0.01	0.11	0.10	1.10	0.01
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	1.68	0.01	1.78	0.59	3.72	0.01	1.65	0.01	1.74	0.80	2.93	0.05	1.49	0.04	1.80	0.45	3.06	0.04
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	0.17	0.01	0.00	-0.16	-0.15	-0.13	0.27	-0.09	-0.03	-0.10	-0.18	0.02	0.17	-0.03	0.18	0.07	-0.10	0.10

Аналіз маргинальності екологічної ніші *B. cylindrica* вказує на перевагу цим видом мікростацій зі збільшеним вмістом агрегатів розміром < 0.25 , 1–3 та 7–10 мм. Підвищений вміст таких агрегатних фракцій, як 0.25–1.0 та > 10 мм маркують ділянки з менш сприятливими умовами для *B. cylindrica*. Твердість ґрунту також надає інформацію про ступінь сприятливості умов для молюска. Так, більш високе значення твердості на глибинах 0–20 см відповідає більш сприятливим умовам. В умовах 2014 р. молюск *B. cylindrica* надавав перевагу мікростаціям з більшим проективним покриттям фізіономічного типу IV, а уникав фізіономічного типу III.

Фітоіндикаційне оцінювання умов вказує на переважання молюском *B. cylindrica* екологічних режимів з більшим рівнем аерації ґрунту та вмістом карбонатів, а також більшим освітленням та вмістом у ґрунті засвоюваних форм азоту. Збільшення електричної провідності ґрунту, що, вірогідно, спостерігається внаслідок зростання мінералізації ґрунтового розчину, негативно впливає на чисельність *B. cylindrica*. Найважливішими аспектами спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* є фізіономічна структура рослинного покриву та фітоіндикаційні оцінки омброклімату.

За результатами вивчення просторового розміщення особин *M. cartusiana* у межах біогеоценозу на дерново-літогенному ґрунті на лесоподібних суглинках, одержані оцінки маргинальності та спеціалізації екологічної ніші цього виду, які статистично вірогідно не відрізняються від випадкової альтернативи. Найбільша відмінність від випадкової альтернативи була встановлена для спеціалізації ніші виду восени. Порівняно висока чисельність виду в межах дослідженої ділянки вказує на наближеність умов існування до оптимальних за яких не існує суттєвих факторів, які обмежують чисельність виду. Іншим поясненням може бути те, що мозаїчність виду, яка спостерігалась цього року, виходила за рамки обраної частоти відбору проб у просторі.

Маргинальність екологічної ніші *Ch. tridens* обумовлена перевагами цього виду мікростацій з переважанням агрегатів з розміром 1–3 мм, з

меншою твердістю у межах усього профілю, фізіономічних типів II та IV та уникненням фізіономічного типів I та V. Оптимальні умови створюються за умов збільшеного терморезиму. Основні аспекти спеціалізації ніші *Ch. tridens* обумовлені режимом вологості та проективним покриттям фізіономічного типу III.

Аналіз особливостей просторового варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків викриває як спільні риси для усіх досліджених видів, так і деякі особливості (рис. 5.8–5.10). У просторовому аспекті спільні риси проявляють себе у тому, що ділянки з областями переважання мікростацій у цілому для різних видів досить значно співпадають. Відповідно, існують частини простору, які порівняно менше зайняті молюсками. Найбільш чутливими молюски, як цілісне угруповання, чутливі до агрегатного складу технозему, його твердості, електропровідності та кислотності й режиму кріоклімату (рис. 5.11). Молюски надають перевагу мікроділянкам з підвищеним вмістом агрегатних фракцій розміром 5–10 мм, більшою твердістю на глибинах 5–15 та 25–30 см та більшими показниками режиму термоклімату. В цілому молюски уникають умов підвищеної електропровідності ґрунту, підвищених показників кислотності (лужності) та кріоклімату. Також несприятливі умови формують при переважанні проективного покриття фізіономічного типу рослинності III. Важливо відмітити, що в умовах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках наземні молюски в цілому є індикаторами переважання агрономічно цінних агрегатних фракцій – від 0.25 до 10 мм.

Специфіка просторової організації екологічних ніш окремих видів молюсків полягає у особливостях конфігурацій плямистостей, де формуються найбільш сприятливі умови існування певного виду та у перебігу змін їх форми у часі. Такі особливості краще можна зрозуміти з урахуванням переважних маркерів маргинальності екологічних ніш молюсків.

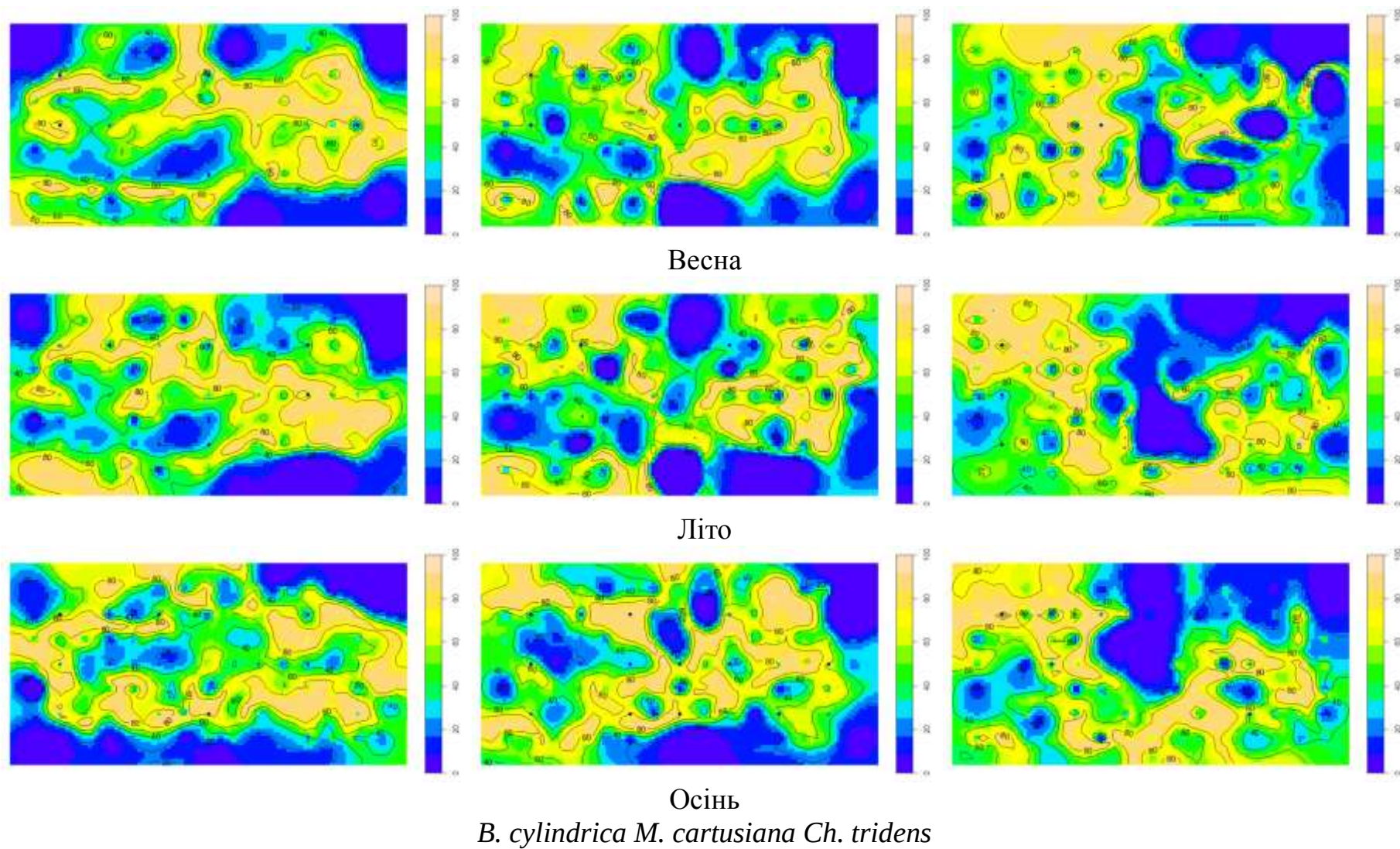


Рис. 5.8. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках в 2012 р. по сезонах

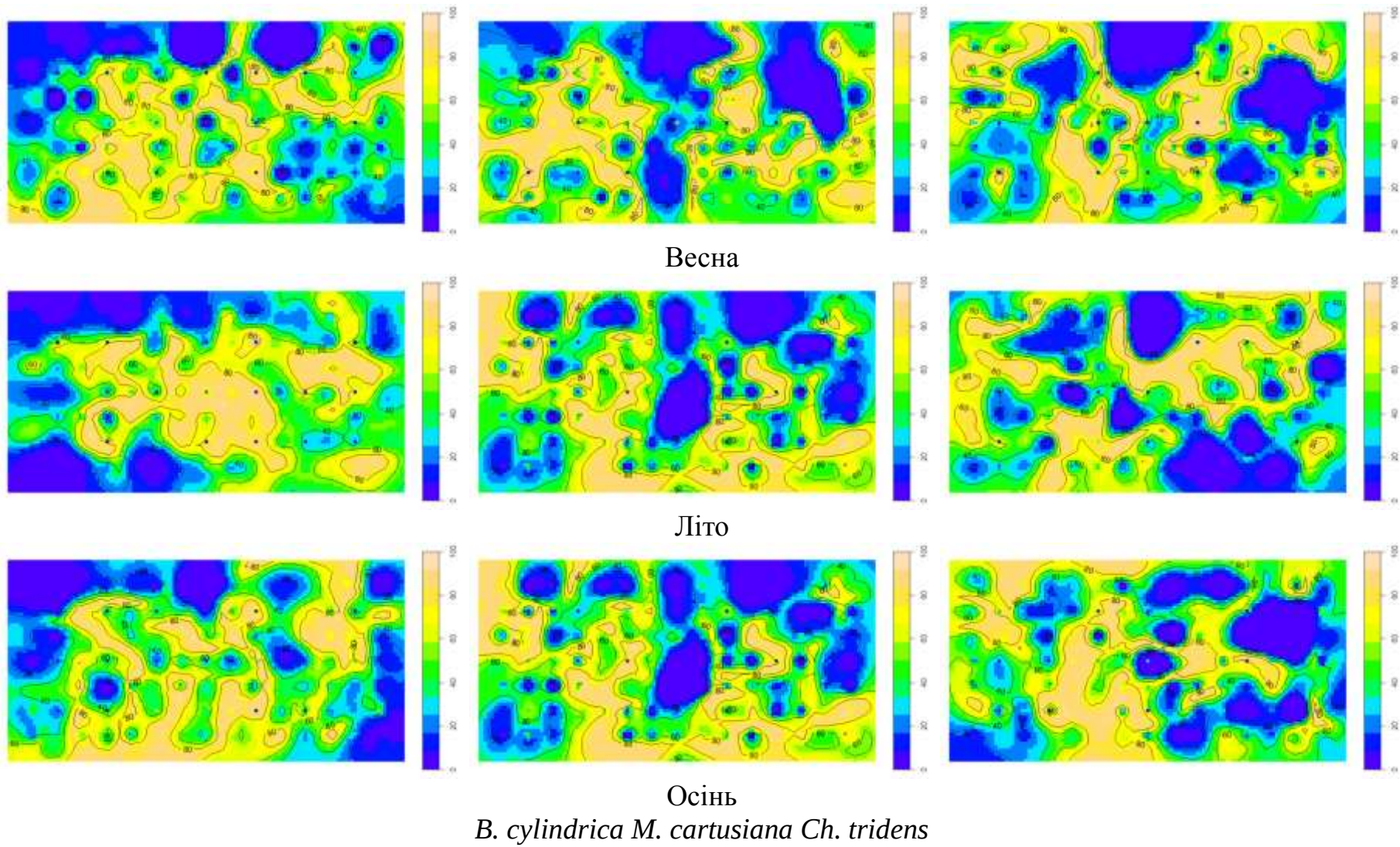


Рис. 5.9. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках в 2013 р. по сезонах

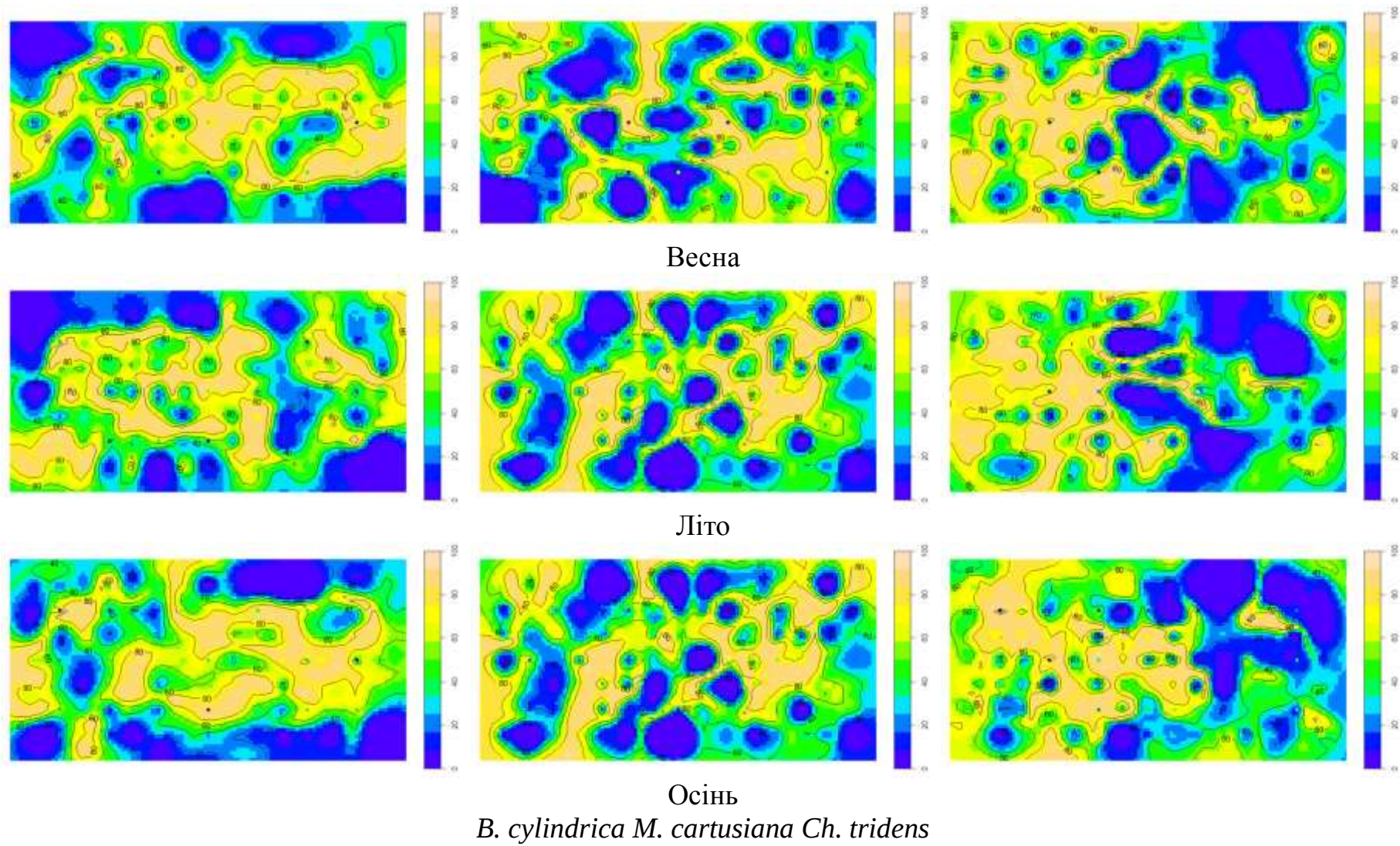


Рис. 5.10. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках в 2014 р. по сезонах

За весь період досліджень для молюска *B. cylindrica* маргинальність екологічної ніші визначається переважно завдяки переважанню ними фізіономічних типів рослинності II та IV, більш високих показників терморезиму та континентальності (рис. 5.12). Найчастіше більший вміст у ґрунті агрегатів розміром 1–3 мм та більша чисельність молюсків *B. cylindrica* співпадають. Особини цього виду уникають фізіономічного типу III, ділянок з більшою лужністю ґрунту та більшою мінералізованістю ґрунтового розчину, що маркується як фітоіндикаційними оцінками, так і електропровідністю. Малі за розміром агрегати (0.25–0.5 мм) позначають ділянки з порівняно несприятливими умовами існування *B. cylindrica*.

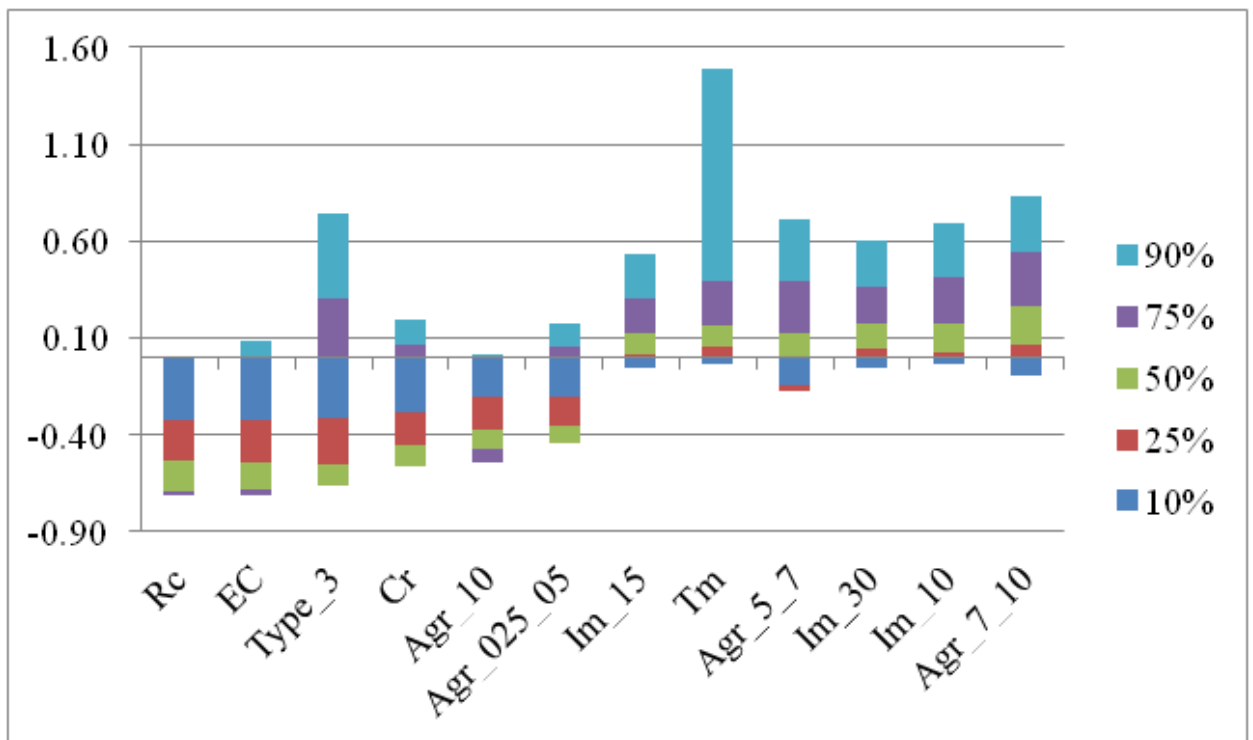


Рис. 5.11. Параметри маргинальності екологічної ніші для трьох видів молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках. Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Найбільш суттєві особливості екологічної ніші молюска *M. cartusiana* полягають у преференції ним мікроділянок з більшим вмістом агрегатних фракцій 5–7 мм, більшою твердістю ґрунту на глибинах 0–10 та 20–30 см, та більшим режимом освітлення (рис. 5.13).

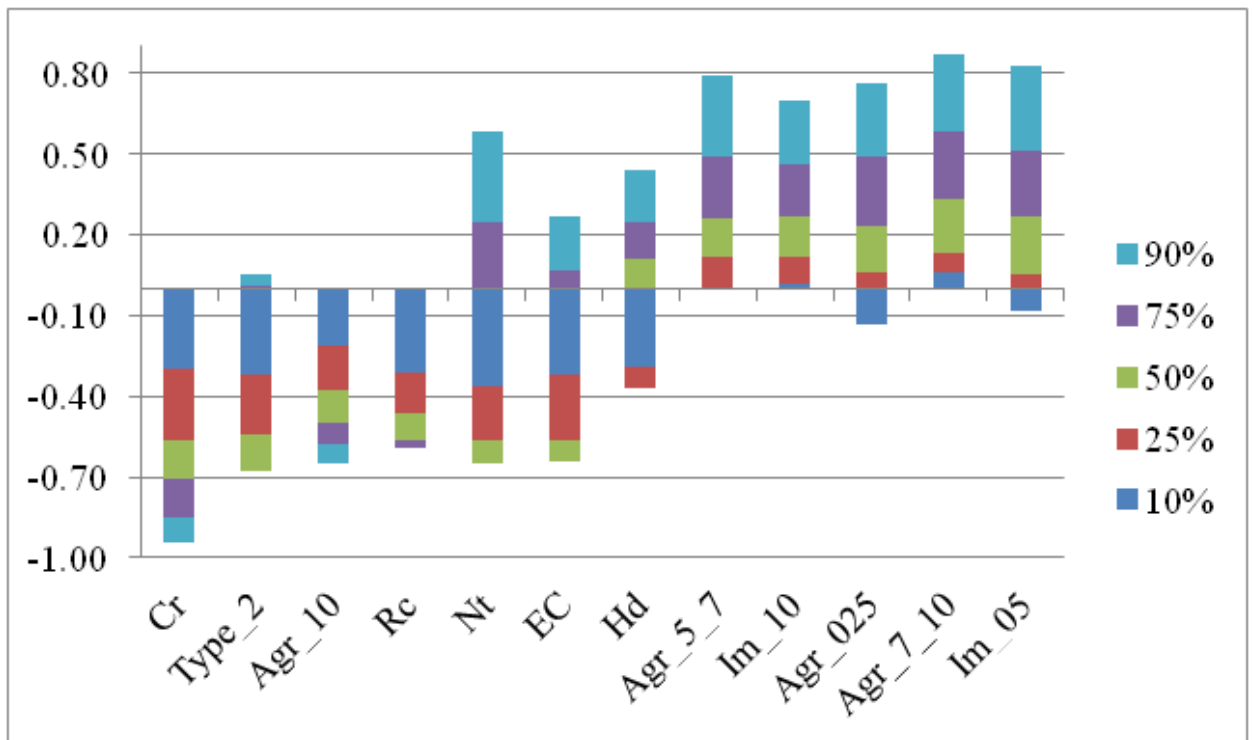


Рис. 5.12. Параметри маргинальності екологічної ніші для *B. cylindrica* у межах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

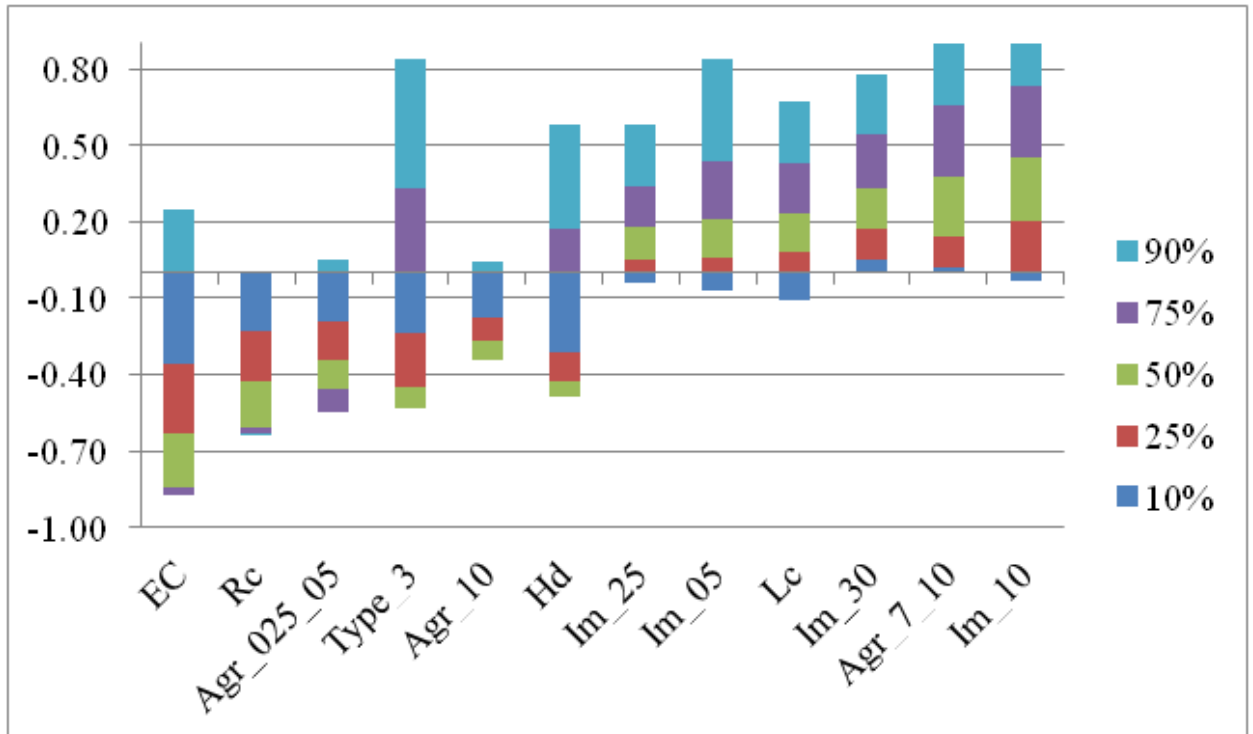


Рис. 5.13. Параметри маргинальності екологічної ніші для *M. cartusiana* у межах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Цей вид уникає порівняно більш зволжених умов з більшою електричною провідністю ґрунту. Найчастіше несприятливі умови для *M. cartusiana* формуються при переважанні проективного покриття фізіономічного типу III. Негативно на цього молюска впливає підвищена лужність ґрунтового середовища. Ділянки з більшим вмістом агрегатів 0.25–0.5 та > 10 мм як правило відрізняються меншою чисельністю *M. cartusiana*.

Одержані результати за весь період досліджень дозволяють стверджувати, що у межах біогеоценозу на дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках молюски *Ch. tridens* надають перевагу фізіономічним типам рослинності II та IV (рис. 5.14).

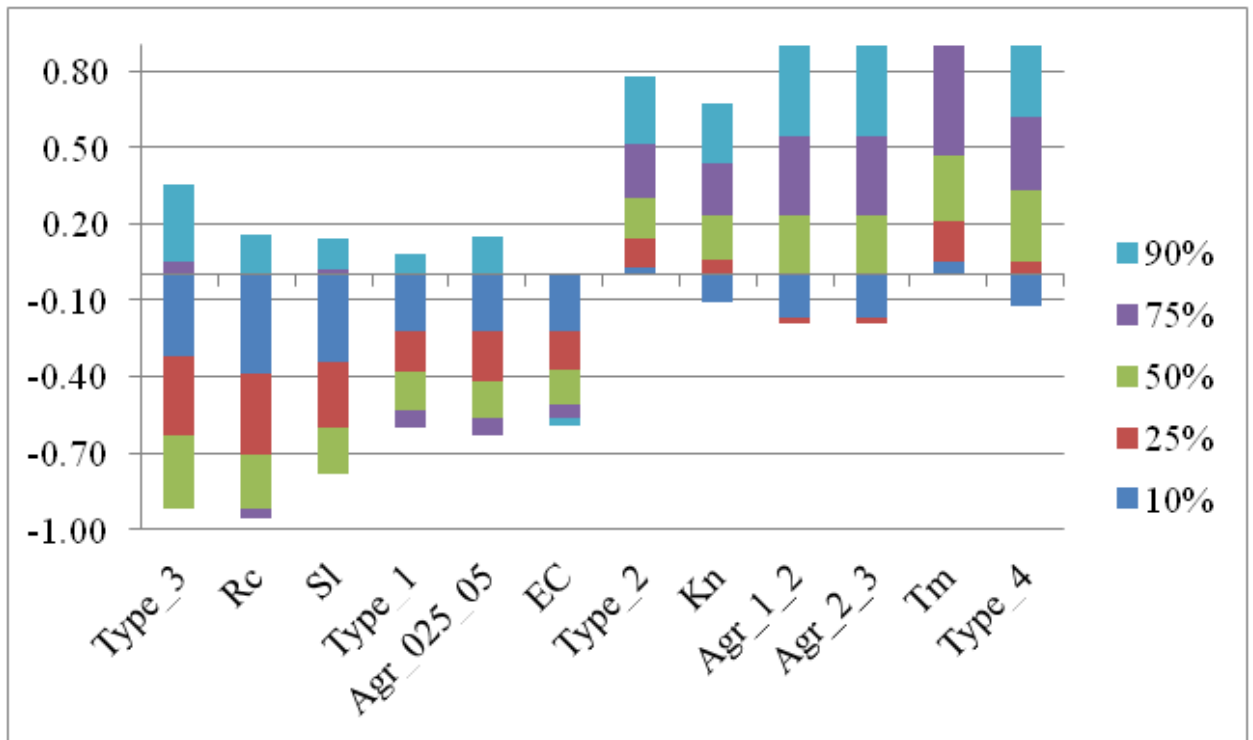


Рис. 5.14. Параметри маргинальності екологічної ніші для *Ch. tridens* у межах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Сприятливі умови для виду маркуються більшими показниками континентальності та термоклімату. Більший вміст агрегатів розміром 1–3 мм також можна розглядати як показник сприятливих умов для *Ch. tridens*. Обмежують поширення виду такі фактори, як більша мінералізація

грунтового розчину та пов'язана з ним більша електропровідність ґрунту. Фізіономічний тип III є найменш привабливим для молюсків *Ch. tridens*. Слід відзначити, що більший вміст малих за розміром агрегатів (0.25–0.5 мм) маркує несприятливі умови для *Ch. tridens*.

Одержані результати моделювання властивостей екологічних ніш наземних молюсків у біогеоценозі на дерново-літогенних ґрунтах свідчать про найважливішу роль структури рослинного покриву в формуванні просторових патернів популяцій цих тварин. Рослинний покрив модулює екологічні режими ґрунту, впливає на просторовий розподіл ґрунтових властивостей, внаслідок чого виникає інформаційна здатність деяких ґрунтових властивостей пояснити просторовий розподіл молюсків. Фізіономічний вигляд рослинного покриву є досить інформаційно цінним показником, який здатний пояснити суттєві аспекти екологічних ніш наземних молюсків. Зв'язок молюсків саме з фізіономічним аспектом рослинності вказує на пріоритет варіювання екологічних режимів у встановленні вказаного зв'язку, так як фізіономічні типи тільки умовно чутливі до таксономічного складу угруповання.

Тотальний показник проективного покриття рослинного покриву може бути більш детально представлений за допомогою фізіономічних типів. Фізіономічні типи чутливі більшою мірою до спектральних особливостей листової поверхні рослинних організмів та архітекτονіки їх надземних органів. Вказані властивості мають безумовно екологічну складову. Тому ми можемо заключити, що з одного боку, висока чисельність молюсків, а з іншого – регулюючий вплив саме фізіономічних типів рослинного покриву, вказує на переважну роль пертинентного впливу рослинного покриву в формуванні просторових патернів наземних молюсків. Альтернативна гіпотеза, яка полягає у переважній значимості таксономічного аспекту структури рослинного покриву, може бути визнана як маловірогідною.

5.3. Дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах у 2012 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив (табл. 5.7). Це свідчить про те, що досліджена територія не сприймається молюсками як однорідна. Протягом вегетаційного періоду маргинальність екологічних ніш молюсків демонструє стійку тенденцію до зростання. Виняток становлять *Ch. tridens*, для яких найбільше значення маргинальності встановлене для літнього періоду. Таким чином, найбільш сприятливі умови для існування молюсків формуються навесні та протягом року стають більш жорсткими. Найбільш маргинальні умови у межах дослідженого біогеоценозу формуються для молюска *Ch. tridens*. Спеціалізація також зростає протягом року для молюсків *B. cylindrica* та *M. cartusiana*. Для молюска *Ch. tridens* спеціалізація є найбільшою влітку, а найменшою – навесні. Найбільшою спеціалізацією характеризується екологічна ніша молюска *Ch. tridens*.

Навесні маргинальність екологічної ніші молюска *B. cylindrica* визначається переважно такими еколого-географічними предикторами, як вміст деяких агрегатів у ґрунті, твердість ґрунту, фізіономічні особливості рослинного покриву та такі екологічні режими, як вологість та змінність режиму вологості едафотопу та режим кислотності.

Ці молюски надають перевагу мікроділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром від <0.25 до 1–2 мм та 2–3 мм і уникають ділянок з підвищеним вмістом агрегатів розміром < 0.25 та > 7 мм. Роль твердості як маркера екологічної ніші молюска *B. cylindrica* досить значна. Особини цього виду уникають мікроділянок з підвищеною твердістю на глибині 15–20 см та надають перевагу мікроділянкам з підвищеною твердістю на глибині 10–15, 20–25 та 30–35 см. Із фізіономічних типів молюски *B. cylindrica* надають перевагу типу II та IV, а уникають відкритої поверхні ґрунту.

Таблиця 5.7

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах по сезонах (2012 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	-0.13	0.23	0.05	0.04	-0.10	-0.20	-0.20	-0.09	-0.06	-0.26	-0.09	-0.01	-0.11	-0.04	0.00	0.17	-0.01	0.09
Agr_025_05	-0.09	0.17	0.07	0.07	-0.08	0.06	-0.17	0.14	-0.08	-0.07	-0.11	-0.02	-0.08	0.16	0.02	0.03	-0.04	-0.34
Agr_05_1	-0.15	-0.12	0.10	-0.28	-0.05	0.11	-0.24	-0.05	0.05	0.10	0.02	0.40	-0.11	-0.61	0.11	-0.19	0.03	0.12
Agr_1_2	0.16	0.02	0.27	-0.02	-0.25	-0.07	0.11	-0.03	-0.08	-0.02	-0.21	0.07	0.32	-0.15	0.20	0.04	0.06	-0.02
Agr_10	-0.21	0.11	-0.31	0.13	0.15	-0.07	-0.16	-0.17	-0.29	0.04	0.06	0.27	-0.39	-0.12	-0.29	0.02	-0.05	-0.09
Agr_2_3	0.16	0.02	0.27	-0.02	-0.25	-0.07	0.11	-0.03	-0.08	-0.02	-0.21	0.07	0.32	-0.15	0.20	0.04	0.06	-0.02
Agr_3_5	0.15	0.02	-0.02	-0.16	0.11	-0.11	0.20	-0.11	0.16	-0.15	0.11	0.03	0.13	-0.32	0.01	0.12	0.00	-0.24
Agr_5_7	0.05	0.29	-0.14	-0.08	0.15	0.32	0.08	0.00	0.07	-0.12	0.18	0.20	-0.09	0.09	-0.18	0.04	0.07	-0.02
Agr_7_10	-0.25	0.00	-0.17	0.00	0.14	-0.32	-0.18	-0.07	0.14	0.03	0.09	0.03	-0.22	-0.05	0.02	0.05	-0.06	0.08
Im_05	-0.07	-0.07	0.18	-0.13	-0.32	0.18	-0.07	-0.33	0.11	-0.11	-0.27	0.40	0.03	0.14	0.32	0.11	-0.43	0.09
Im_10	-0.04	-0.29	-0.15	-0.02	0.01	0.18	-0.06	0.19	-0.01	0.03	0.11	-0.20	-0.17	-0.30	-0.03	-0.04	-0.17	-0.16
Im_15	0.13	0.11	0.07	0.02	-0.17	-0.01	0.04	0.00	0.21	-0.11	-0.12	0.08	0.09	0.03	0.02	0.19	-0.34	0.24
Im_20	-0.21	0.03	-0.18	-0.21	0.03	-0.03	-0.07	-0.01	0.11	-0.11	0.20	-0.07	-0.26	-0.07	-0.22	0.05	0.02	0.13
Im_25	0.19	-0.15	0.21	-0.06	-0.05	-0.15	0.25	0.05	0.41	-0.05	-0.03	-0.05	0.11	-0.08	0.08	0.01	-0.09	-0.10
Im_30	0.03	0.08	0.00	0.22	-0.01	0.17	0.09	-0.11	0.02	0.18	0.22	0.03	-0.03	0.21	-0.12	-0.10	0.01	-0.16
Im_35	0.17	0.06	0.04	-0.10	0.05	-0.29	0.15	-0.09	0.16	0.22	0.01	-0.19	0.09	-0.06	0.07	0.16	-0.07	0.14
Im_40	0.30	0.01	0.25	0.06	0.03	-0.11	0.23	0.01	0.15	-0.02	-0.01	-0.07	0.08	0.00	0.06	-0.03	0.03	-0.10
Im_45	0.22	0.00	0.02	-0.26	0.07	0.23	0.18	0.07	0.18	0.27	-0.06	0.39	0.08	-0.03	-0.01	-0.14	-0.03	0.08
Im_50	0.03	0.00	-0.05	0.12	0.19	-0.06	0.00	0.02	0.05	-0.18	0.11	0.08	-0.09	0.10	-0.07	-0.07	0.18	-0.11

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_1	0.10	0.49	0.06	0.11	0.05	-0.09	0.15	0.55	0.16	0.07	0.01	0.14	0.09	-0.15	0.26	0.02	-0.04	-0.41
Type_2	0.22	0.17	-0.04	0.22	-0.18	0.24	0.28	0.33	0.03	-0.48	-0.13	-0.05	0.16	0.07	-0.18	-0.63	-0.11	0.19
Type_3	0.14	-0.23	0.28	0.37	0.23	0.10	0.09	-0.15	0.29	-0.05	0.19	-0.16	0.09	0.01	0.44	0.00	0.08	0.15
Type_4	0.28	-0.02	0.13	0.05	-0.17	0.01	0.33	-0.16	0.18	0.17	-0.10	-0.06	0.19	-0.07	-0.03	0.49	-0.16	-0.03
Type_5	0.19	0.04	-0.10	-0.11	-0.01	-0.30	0.30	-0.22	-0.06	0.27	0.10	0.21	0.29	-0.04	-0.17	0.15	0.04	0.02
Type_6	-0.15	0.41	-0.05	0.39	-0.05	0.22	-0.25	0.21	-0.13	-0.08	-0.03	-0.09	-0.12	0.09	-0.09	0.06	0.09	-0.15
Ae	0.07	-0.15	0.27	-0.05	0.12	0.01	0.02	-0.12	0.23	0.29	0.26	0.09	0.06	0.00	0.18	-0.10	0.09	-0.02
Ca	0.15	0.03	-0.16	0.07	0.22	-0.01	0.02	0.03	0.01	-0.02	0.24	0.17	0.10	0.12	0.03	-0.03	0.14	0.07
Cr	0.06	-0.09	0.29	-0.28	0.00	-0.18	-0.04	-0.21	0.20	0.14	0.01	0.04	-0.03	-0.06	0.16	-0.14	-0.15	0.18
EC	-0.11	0.05	-0.01	0.28	-0.18	-0.25	-0.08	0.16	-0.07	0.14	-0.07	0.10	-0.15	0.13	-0.25	0.00	-0.26	-0.24
fH	-0.26	-0.20	-0.24	0.02	-0.01	-0.03	-0.28	0.02	-0.12	0.32	0.04	-0.11	-0.17	-0.05	-0.02	-0.01	0.08	-0.35
Hd	-0.23	-0.09	-0.13	-0.07	0.23	-0.23	-0.18	0.19	-0.30	0.04	0.19	0.09	-0.23	-0.22	-0.20	0.29	0.10	-0.11
Kn	0.00	0.05	-0.07	-0.24	0.23	-0.06	-0.03	-0.07	-0.19	0.04	0.22	0.09	-0.11	0.10	-0.07	-0.07	0.30	-0.04
Lc	-0.12	0.21	-0.05	0.04	0.25	0.19	-0.06	0.10	0.20	-0.04	0.13	0.14	0.01	0.11	0.14	-0.07	-0.01	-0.05
Nt	0.15	0.03	0.22	0.01	-0.10	-0.16	0.09	0.24	0.17	-0.13	0.04	-0.24	0.26	0.00	0.17	-0.06	-0.19	-0.19
Om	-0.01	0.20	0.14	0.19	-0.18	-0.09	0.00	0.07	0.08	0.10	-0.25	0.17	-0.11	0.21	0.12	-0.05	-0.27	0.08
Rc	0.21	-0.01	0.18	0.12	0.19	0.08	0.15	-0.01	0.15	-0.09	0.28	0.04	0.02	0.21	0.17	0.03	0.28	0.03
Sl	-0.08	0.10	-0.03	0.09	0.36	0.01	-0.03	-0.02	-0.08	-0.17	0.39	0.12	-0.05	0.05	-0.03	0.08	0.34	0.20
Tm	0.14	-0.02	0.11	-0.10	-0.13	0.02	0.13	0.03	-0.09	0.09	-0.15	-0.01	0.01	0.00	-0.08	-0.05	-0.13	-0.16
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.08	0.01	0.11	0.02	0.27	0.01	0.11	0.01	0.25	0.01	0.53	0.01	0.19	0.01	0.50	0.01	0.36	0.02
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	1.40	0.01	1.52	0.99	2.69	0.08	1.54	0.01	2.35	0.26	4.00	0.03	1.76	0.01	2.88	0.12	2.53	0.58

Влітку структурні особливості екологічної ніші залишаються значною мірою подібними до весняної конфігурації. Восени маргинальність ніші *B. cylindrica* за показниками на основі фітоіндикаційних оцінок суттєво зменшуються. Загалом, протягом всього сезону особливості екологічної ніші *B. cylindrica* залишаються стабільними. Головними аспектами спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* в весняний період є вміст агрегатів розміром <0.25 та 5–7 мм, твердість ґрунту на глибині 5–10 см, проективне покриття фізіономічних типів I та VI.

Маргинальність екологічної ніші *M. cartusiana* навесні визначають такі еколого-географічні предиктори, як вміст агрегатів розміром 1–2 та 2–3 мм (позитивна маргинальність) і > 10 мм (негативна маргинальність), твердість ґрунту на глибині 0–5, 20–25 та 35–40 см та фізіономічний вигляд рослинного покриву. Цей вид надає перевагу ділянкам з більшим проективним покриттям фізіономічного типу III та уникають ділянок з переважанням фізіономічного типу V та VI. Надають перевагу ділянкам з підвищеною аерацією ґрунту. Найбільш сприятливі умови для існування цього виду з підвищеними показниками кріоклімату, режимом азотного живлення та кислотністю. Влітку та восени відбуваються тільки деякі кількісні зміни характеристики екологічної ніші *M. cartusiana*, а загальні якісні особливості залишаються незмінними. Спеціалізацію екологічної ніші *M. cartusiana* визначають такі еколого-географічні предиктори, як вміст агрегатів розміром 0,5–1,0 та > 10 мм, твердість на різних глибинах, електрична провідність ґрунту, кріоклімат та континентальність, проективне покриття фізіономічних типів III та VI. Протягом року деякі особливості спеціалізації екологічної ніші *M. cartusiana* дещо змінюються кількісно, при цьому загальна конфігурація спеціалізації залишається незмінною.

Маргинальність екологічної ніші *Ch. tridens* визначають такі еколого-географічні предиктори, як агрегатний склад ґрунту, фізіономічні особливості рослинності та екологічні режими. Цей вид надає перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів розміром 3–10 та > 10 мм та уникає

ділянок з переважанням дрібніших фракцій. Уникає ділянок з підвищеною твердістю ґрунту на глибині 0–5 та 10–15 см. Переважними фізіономічними типами для *Ch. tridens* є III. Цей вид уникає ділянки з мертвим рослинним покривом та типами рослинності II та IV. Уникає ділянок з підвищеною електропровідністю та показниками омброклімату та кріоклімату. Надає перевагу ділянкам з підвищеним освітленням та зволоженням. Влітку рівень маргіналізації екологічної ніші *Ch. tridens* за рахунок більшої чутливості твердості на деяких глибинах. Загалом, особливості маргінальності екологічної ніші *Ch. tridens* протягом року якісно не змінюються. Спеціалізацію екологічної ніші *Ch. tridens* визначають вміст агрегатів 5–7 та 7–10 мм, твердість ґрунту на деяких глибинах, електропровідність та вологість.

Маргінальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах у 2013 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив (табл. 5.8).

Загальна маргінальність екологічної ніші *B. cylindrica* протягом сезону була найбільшою влітку, а найменшою – восени. Також стабільною була структура маргінальності – відповідні індекси протягом року змінювались несуттєво. Особливості маргінальності вказують на те, що молюск *B. cylindrica* надає перевагу ділянкам з підвищеним проективним покриттям фізіономічного типу I. Цей вид уникає відкритих ділянок та сухостою.

Маргінальність екологічної ніші *M. cartusiana* досягла максимального значення влітку, а найменшого – восени. Протягом року особливості екологічної ніші характеризувались великим рівнем подібності. Молюск *M. cartusiana* надає перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів розміром 3–7 мм, з більшою електропровідністю, більшим режимом освітлення та підвищеними характеристиками терморегіму. Вид уникав ділянок з гіпераерацією, підвищеним режимом зволоження та більш високими показниками омброклімату. Також несприятливі умови для *M. cartusiana* формуються на ділянках з більшим проективним покриттям фізіономічних типів V та VI.

Таблиця 5.8

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах по сезонах (2013 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	0.05	0.14	-0.31	0.01	0.05	0.13	-0.05	-0.16	-0.23	0.16	0.16	-0.06	0.01	-0.01	-0.17	-0.08	-0.01	-0.07
Agr_025_05	0.05	-0.53	-0.21	0.12	0.07	-0.21	-0.08	0.18	-0.26	-0.25	0.18	0.04	-0.01	0.16	-0.31	0.44	0.14	0.19
Agr_05_1	-0.01	0.54	-0.17	-0.06	0.03	-0.04	-0.15	-0.27	-0.24	0.32	0.08	0.25	-0.09	-0.03	-0.26	-0.11	0.04	-0.14
Agr_1_2	0.12	0.11	-0.13	0.07	-0.12	0.02	0.14	-0.13	-0.07	0.17	-0.01	0.16	0.11	0.01	-0.11	-0.03	-0.01	0.03
Agr_10	-0.23	0.25	0.07	0.21	0.16	0.24	-0.20	-0.41	0.15	0.33	-0.12	0.17	-0.23	0.17	0.09	0.26	0.08	0.14
Agr_2_3	0.12	0.11	-0.13	0.07	-0.12	0.02	0.14	-0.13	-0.07	0.17	-0.01	0.16	0.11	0.01	-0.11	-0.03	-0.01	0.03
Agr_3_5	0.09	0.19	0.20	0.08	-0.07	0.11	0.19	-0.35	0.16	0.28	-0.04	0.26	0.16	0.05	0.25	0.08	-0.03	-0.05
Agr_5_7	-0.01	-0.02	0.28	-0.01	0.05	-0.14	0.02	-0.07	0.15	-0.02	0.13	0.07	0.02	0.07	0.24	0.38	0.06	-0.06
Agr_7_10	-0.10	0.02	-0.09	0.07	0.07	0.19	-0.14	-0.11	-0.15	0.01	0.01	-0.12	-0.08	0.09	-0.13	0.07	-0.09	0.05
Im_05	-0.12	-0.01	-0.02	0.04	-0.09	0.07	0.01	0.17	0.11	-0.04	-0.18	0.11	-0.05	0.27	0.30	-0.09	-0.07	0.25
Im_10	-0.09	0.01	0.07	0.09	-0.12	-0.27	0.04	-0.05	0.11	-0.16	-0.25	0.03	-0.03	-0.11	0.23	0.06	-0.12	-0.13
Im_15	-0.13	-0.03	-0.10	0.01	-0.27	-0.18	-0.12	0.07	-0.02	0.11	-0.17	0.09	-0.14	0.15	0.06	-0.16	-0.11	0.05
Im_20	0.07	-0.17	-0.05	0.02	-0.04	0.00	0.09	0.03	-0.04	0.06	0.05	-0.16	-0.04	0.17	-0.11	0.20	-0.15	0.13
Im_25	0.03	0.01	-0.10	0.06	0.00	0.07	0.07	0.01	-0.08	-0.07	0.09	0.05	-0.03	0.01	-0.06	-0.01	-0.23	0.01
Im_30	-0.05	-0.02	-0.07	0.25	0.05	-0.08	-0.09	0.03	-0.06	-0.13	0.05	-0.16	-0.07	0.05	-0.16	0.16	0.11	0.16
Im_35	0.00	0.05	-0.25	-0.15	-0.06	0.10	-0.06	-0.10	-0.33	0.20	0.04	0.16	-0.05	-0.10	-0.21	-0.03	0.00	-0.16
Im_40	-0.06	0.14	-0.29	0.01	-0.23	0.12	-0.04	-0.08	-0.21	0.03	-0.18	-0.05	-0.12	0.04	-0.15	-0.05	-0.22	0.13
Im_45	-0.02	-0.17	-0.03	-0.04	-0.11	-0.22	-0.05	0.19	0.08	0.08	-0.11	0.12	-0.05	0.17	0.11	-0.20	0.06	0.04
Im_50	-0.01	0.02	-0.01	-0.07	-0.28	0.11	0.00	0.02	-0.18	-0.09	-0.14	-0.07	0.02	-0.12	0.30	0.04	-0.18	-0.03

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_1	0.31	-0.04	0.11	0.07	0.17	-0.36	0.29	-0.24	0.26	0.01	0.14	-0.06	0.31	0.21	0.23	-0.14	0.18	0.12
Type_2	0.26	0.06	0.09	0.04	0.11	-0.04	0.30	-0.13	0.07	0.00	0.26	-0.26	0.30	0.08	0.03	-0.14	0.21	0.15
Type_3	0.24	0.01	0.25	0.07	0.11	-0.16	0.11	0.13	0.16	0.13	-0.04	-0.15	0.11	0.42	0.10	-0.18	0.02	0.42
Type_4	0.12	0.14	0.09	0.33	0.13	0.00	0.10	-0.14	-0.02	0.06	0.23	-0.33	0.21	0.19	-0.06	0.03	0.24	0.23
Type_5	-0.36	0.13	-0.23	0.60	-0.16	0.12	-0.36	-0.42	-0.24	-0.34	-0.27	-0.54	-0.37	0.38	-0.20	0.12	-0.23	0.43
Type_6	-0.35	-0.06	-0.17	-0.09	-0.23	-0.32	-0.31	-0.05	-0.20	0.03	-0.19	-0.17	-0.37	0.30	-0.08	0.05	-0.26	0.11
Ae	0.01	-0.12	-0.23	-0.13	-0.28	-0.13	0.14	0.16	-0.13	0.21	-0.11	0.14	0.06	0.07	-0.10	-0.01	0.06	-0.07
Ca	0.18	0.12	0.05	0.16	-0.09	0.02	0.26	0.02	0.06	-0.06	0.29	0.09	0.16	0.07	-0.01	-0.21	-0.17	0.05
Cr	-0.30	-0.06	-0.15	-0.07	-0.17	-0.23	-0.24	0.13	0.02	0.13	-0.07	0.08	-0.23	-0.05	0.00	-0.16	0.01	-0.06
EC	0.06	-0.10	0.11	-0.13	0.01	0.10	0.12	0.02	0.22	0.24	0.43	-0.01	0.10	0.03	0.11	-0.09	-0.11	-0.07
fH	-0.18	0.13	-0.15	0.01	0.06	0.16	-0.30	0.05	-0.06	0.24	-0.14	0.05	-0.27	-0.05	-0.10	-0.11	-0.08	-0.03
Hd	-0.16	0.07	-0.07	0.03	-0.32	0.15	-0.05	-0.10	-0.08	0.05	-0.28	-0.08	-0.13	-0.08	0.10	-0.04	-0.16	0.09
Kn	0.04	-0.02	0.09	-0.06	-0.09	0.33	0.11	-0.14	0.31	-0.07	-0.09	-0.08	0.01	-0.13	0.18	0.21	0.07	-0.14
Lc	0.10	-0.03	0.27	0.33	-0.09	0.20	0.05	-0.13	0.11	-0.05	0.09	-0.05	0.20	0.29	0.24	0.04	0.22	0.41
Nt	0.14	0.23	0.11	-0.05	0.00	0.22	0.09	-0.11	0.21	-0.19	0.12	-0.19	0.09	-0.01	0.10	0.16	0.18	0.08
Om	-0.34	-0.03	-0.07	-0.18	-0.26	0.07	-0.26	0.12	-0.07	0.13	-0.18	-0.06	-0.29	-0.12	-0.12	-0.32	-0.21	-0.05
Rc	0.10	0.19	-0.04	0.29	-0.28	0.00	0.07	-0.17	0.16	-0.08	-0.06	-0.10	0.02	-0.15	0.09	-0.02	-0.04	-0.10
Sl	-0.04	0.09	0.09	0.00	0.18	-0.03	0.04	0.00	0.13	0.02	0.01	-0.07	-0.04	-0.21	0.04	0.06	-0.10	-0.12
Tm	-0.07	0.02	0.30	-0.17	0.34	0.02	-0.14	-0.02	0.16	0.21	0.07	0.10	-0.04	-0.18	-0.05	-0.23	0.53	-0.16
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.34	0.01	0.18	0.02	0.32	0.01	0.36	0.01	0.68	0.01	0.23	0.01	0.24	0.01	0.16	0.10	0.14	0.10
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	1.75	0.01	2.27	0.17	2.58	0.04	1.73	0.01	3.87	0.02	2.29	0.52	1.94	0.01	2.16	0.70	2.21	0.39

Максимальний рівень маргинальності *Ch. tridens* встановлений навесні 2013 р. Протягом року структура екологічної ніші залишалась константою. Вид надає перевагу ділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром > 10 мм, з більшим рівнем проективного покриття фізіономічних типів I та IV, з більшим показником термоклімату. Вид уникає ділянок з відкритою поверхнею ґрунту та сухостоєм, а також порівняно більш вологі мікростації.

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах у 2014 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив, за винятком молюска *M. cartusiana*, для якого маргинальність екологічної ніші не була статистично вірогідною навесні (табл. 5.9).

Аналіз маргинальності екологічної ніші *B. cylindrica* вказує на перевагу цим видом мікростацій зі збільшеним вмістом агрегатів розміром 1–2 мм. Підвищений вміст таких агрегатних фракцій, як 2–3 та > 10 мм маркують ділянки з менш сприятливими умовами для *B. cylindrica*. Твердість ґрунту також надає інформацію про ступінь сприятливості умов для молюска. Так, більш високе значення твердості на глибинах 0–5 см відповідає менш сприятливим умовам. В умовах 2014 р. молюск *B. cylindrica* надавав перевагу мікростаціям з більшим проективним покриттям фізіономічного типу I, II та IV, а уникав фізіономічних типів V та VI. Фітоіндикаційне оцінювання умов вказує на переважання молюском *B. cylindrica* екологічних режимів з більшим вмістом у ґрунті засвоюваних форм азоту. Найважливішими аспектами спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* є фізіономічна структура рослинного покриву та фітоіндикаційні оцінки сольового режиму. Аналіз особливостей просторового варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків викриває як спільні риси для усіх досліджених видів, так і деякі особливості. У просторовому аспекті спільні риси проявляють себе у тому, що ділянки з областями переважання мікростацій в цілому для різних видів досить значно співпадають.

Таблиця 5.9

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах по сезонах (2014 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	0.11	-0.23	-0.18	0.13	-0.19	0.13	0.05	-0.07	-0.10	-0.12	-0.05	-0.04	-0.02	0.10	0.14	-0.12	0.10	-0.10
Agr_025_05	0.14	0.06	-0.15	-0.18	-0.16	-0.17	0.15	0.20	-0.05	0.03	-0.06	0.01	-0.01	0.08	0.09	-0.09	0.13	0.14
Agr_05_1	-0.01	0.11	0.03	0.01	-0.23	-0.15	-0.02	-0.03	0.00	-0.01	0.10	0.06	0.03	-0.13	0.13	0.02	0.07	0.16
Agr_1_2	0.27	0.25	-0.34	-0.05	-0.37	0.01	0.29	-0.09	-0.28	-0.17	0.02	-0.01	0.26	-0.08	0.14	-0.13	0.02	-0.11
Agr_10	-0.16	0.15	0.24	-0.17	0.05	0.05	-0.16	0.09	0.29	-0.03	0.16	0.00	-0.19	0.15	0.00	-0.26	0.10	-0.25
Agr_2_3	-0.06	-0.11	-0.28	-0.04	-0.29	-0.14	0.05	0.08	-0.25	0.21	-0.11	0.21	0.05	0.22	-0.11	-0.01	-0.27	-0.14
Agr_3_5	-0.10	0.06	0.07	0.00	0.25	0.01	-0.04	-0.03	-0.12	0.00	-0.09	0.12	0.01	0.00	-0.06	-0.25	-0.16	0.08
Agr_5_7	-0.01	0.07	0.02	-0.04	0.34	-0.06	0.01	-0.03	-0.02	-0.08	0.04	0.24	0.13	0.01	-0.14	0.06	0.01	0.12
Agr_7_10	0.03	-0.23	0.22	-0.01	0.22	-0.18	0.00	0.13	0.18	-0.11	0.31	0.14	-0.04	-0.01	0.04	0.05	0.10	0.06
Im_05	-0.18	0.01	-0.07	-0.28	-0.01	0.00	-0.07	0.11	-0.19	-0.08	-0.28	0.02	-0.03	-0.20	-0.17	0.17	-0.19	-0.01
Im_10	-0.17	-0.05	0.06	0.24	0.00	0.08	-0.05	-0.08	-0.13	0.00	-0.34	0.11	-0.03	0.25	-0.18	-0.41	-0.16	-0.14
Im_15	-0.09	0.14	0.06	-0.10	-0.04	-0.25	0.06	-0.09	-0.04	-0.09	-0.21	0.11	0.04	0.00	-0.09	0.19	-0.01	-0.18
Im_20	-0.01	0.02	-0.17	-0.21	-0.18	0.31	0.10	0.07	-0.16	0.09	-0.22	-0.21	0.13	-0.26	-0.03	0.06	-0.04	0.27
Im_25	-0.12	-0.04	-0.13	0.15	-0.07	-0.11	0.03	-0.01	-0.43	0.06	-0.31	0.00	0.02	0.09	-0.23	-0.26	-0.23	0.05
Im_30	-0.15	0.02	-0.18	-0.10	0.02	0.00	-0.10	0.01	-0.21	-0.24	-0.08	0.02	-0.15	-0.03	-0.15	-0.05	-0.17	0.06
Im_35	0.00	0.27	-0.10	0.01	-0.02	0.02	-0.10	-0.26	-0.08	0.20	0.02	-0.06	-0.10	0.18	0.05	0.12	-0.05	-0.44
Im_40	-0.26	-0.41	-0.11	0.05	-0.13	-0.47	-0.19	0.53	-0.22	-0.13	-0.27	0.01	-0.19	-0.37	-0.24	0.12	-0.36	0.20
Im_45	-0.06	0.03	-0.06	0.13	0.02	0.09	-0.09	-0.08	-0.05	-0.20	-0.02	0.20	-0.10	0.03	-0.08	0.02	0.08	0.02
Im_50	0.05	-0.28	-0.25	-0.15	-0.05	0.06	0.00	0.24	-0.21	0.19	-0.04	0.16	-0.02	-0.18	-0.17	0.02	0.08	0.16

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_1	0.27	-0.03	-0.03	-0.28	0.11	-0.23	0.27	-0.05	-0.07	-0.40	0.13	0.33	0.30	0.35	0.22	0.06	0.20	0.01
Type_2	0.28	0.05	-0.14	0.20	-0.06	-0.15	0.32	-0.03	0.22	-0.18	0.01	0.33	0.28	0.05	0.15	0.08	0.18	-0.03
Type_3	0.02	-0.31	0.17	0.37	0.23	-0.08	0.05	0.28	0.08	-0.08	0.24	0.15	0.09	-0.30	0.20	0.20	0.29	0.10
Type_4	0.23	-0.31	-0.13	-0.01	-0.06	-0.16	0.19	0.17	0.05	-0.29	0.03	0.05	0.12	-0.09	-0.01	0.14	0.03	0.16
Type_5	-0.29	0.07	-0.04	-0.15	-0.16	-0.24	-0.37	-0.30	-0.14	-0.55	-0.16	0.17	-0.35	0.13	-0.18	0.21	-0.23	-0.19
Type_6	-0.35	-0.21	0.08	0.17	-0.18	-0.13	-0.36	0.28	-0.07	-0.11	-0.15	0.48	-0.39	-0.22	-0.26	0.18	-0.31	0.32
Ae	-0.06	-0.19	-0.10	0.03	-0.24	0.12	-0.10	0.11	-0.19	0.07	-0.14	-0.16	-0.07	-0.08	0.03	0.04	-0.06	-0.22
Ca	-0.11	-0.04	0.13	-0.06	0.01	-0.01	-0.03	-0.02	0.11	-0.14	0.05	-0.09	0.08	-0.09	-0.07	-0.37	0.00	-0.04
Cr	-0.10	0.05	-0.13	-0.15	-0.01	-0.09	-0.04	0.00	-0.05	-0.11	-0.04	0.02	-0.05	0.19	-0.12	-0.02	-0.18	0.11
EC	0.11	-0.07	-0.12	-0.06	-0.23	0.09	0.26	0.13	-0.22	0.01	-0.19	-0.23	0.20	-0.15	-0.09	0.21	0.03	0.25
fH	-0.03	-0.19	-0.12	0.08	0.14	0.13	0.02	0.14	0.01	0.12	0.20	-0.20	-0.04	-0.22	0.06	-0.35	0.05	0.09
Hd	-0.09	0.00	-0.22	0.30	-0.11	-0.16	0.03	0.02	-0.16	-0.12	-0.23	0.05	-0.01	-0.09	-0.27	0.06	-0.11	-0.04
Kn	-0.03	-0.03	0.07	0.20	-0.03	0.07	0.06	-0.03	-0.05	0.08	0.12	0.07	0.08	0.16	0.08	0.00	0.00	-0.12
Lc	0.08	-0.04	0.34	0.02	-0.14	0.03	0.09	0.14	0.21	-0.10	0.17	-0.17	0.08	0.02	0.29	-0.05	0.15	-0.02
Nt	0.12	0.03	0.24	-0.14	0.05	0.13	0.13	-0.04	-0.08	-0.01	0.07	-0.05	0.14	-0.14	0.11	-0.15	0.13	0.03
Om	-0.38	0.07	0.14	-0.29	-0.01	-0.25	-0.38	0.08	-0.06	0.03	-0.12	-0.05	-0.40	0.12	-0.19	-0.05	-0.22	-0.09
Rc	0.01	-0.01	0.23	-0.14	0.14	-0.04	0.00	0.08	0.20	-0.04	0.18	0.10	0.10	-0.06	0.43	0.08	0.12	0.31
Sl	-0.19	0.26	-0.08	-0.03	-0.24	0.27	-0.09	-0.29	0.02	0.03	0.04	0.16	-0.16	0.17	-0.05	-0.01	-0.18	0.05
Tm	-0.15	0.15	0.03	0.25	0.04	0.23	-0.17	-0.12	-0.07	0.02	0.00	-0.13	-0.20	-0.07	-0.12	0.03	-0.27	0.06
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.40	0.01	0.21	0.09	0.38	0.01	0.21	0.01	0.26	0.04	0.46	0.01	0.36	0.01	0.24	0.01	0.25	0.01
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	2.02	0.01	2.51	0.77	3.22	0.01	1.66	0.01	2.61	0.51	2.29	0.19	1.63	0.01	2.12	0.95	2.08	0.29

Відповідно, існують частини простору, які порівняно менше зайняті молюсками. Найбільш чутливими молюски як цілісне угруповання чутливі до фізіономічної структури рослинного покриву, твердості, режиму освітлення, кислотності, азотного живлення, вологості та омброклімату (рис. 5.15–5.17). Молюски надають перевагу мікроділянкам з підвищеним проективним покриттям фізіономічних типів I, II та III, більшими показниками азотного живлення, режиму кислотності та освітлення (рис. 5.18).

Вцілому молюски уникають умов підвищеного зволоження, показників омброклімату, твердості ґрунту. Також несприятливі умови формують ділянки ґрунту без рослинного покриву.

Специфіка просторової організації екологічних ніш окремих видів молюсків полягає у особливостях конфігурацій плямистостей, де формуються найбільш сприятливі умови існування певного виду та у перебігу змін їх форми у часі. Такі особливості краще можна зрозуміти з урахуванням переважних маркерів маргинальності екологічних ніш молюсків. Для молюска *B. cylindrica* маргинальність екологічної ніші визначається переважно завдяки переважанню ними фізіономічних типів рослинності I, II та IV, більш високих показників азотного живлення (рис. 5.19).

Найчастіше більший вміст у ґрунті агрегатів розміром 1–2 та 3–5 мм та більша чисельність молюсків *B. cylindrica* співпадають. Особини цього виду уникають фізіономічних типів V та VI, ділянок з більшими показниками омброклімату, вологості та змінності вологості. Великі за розміром агрегати (>10 мм) позначають ділянки з порівняно несприятливими умовами існування *B. cylindrica*.

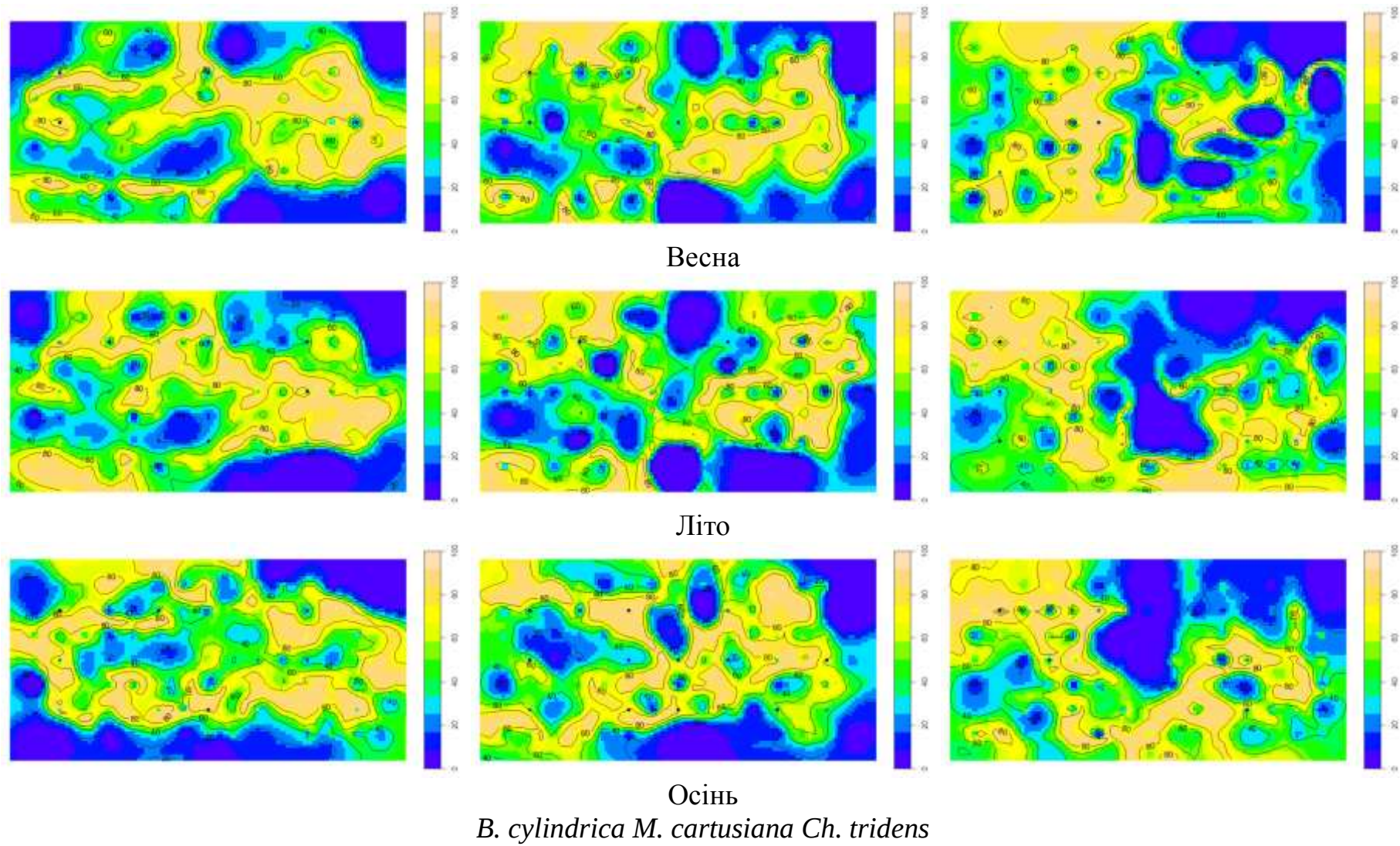


Рис. 5.15. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах в 2012 р. по сезонах

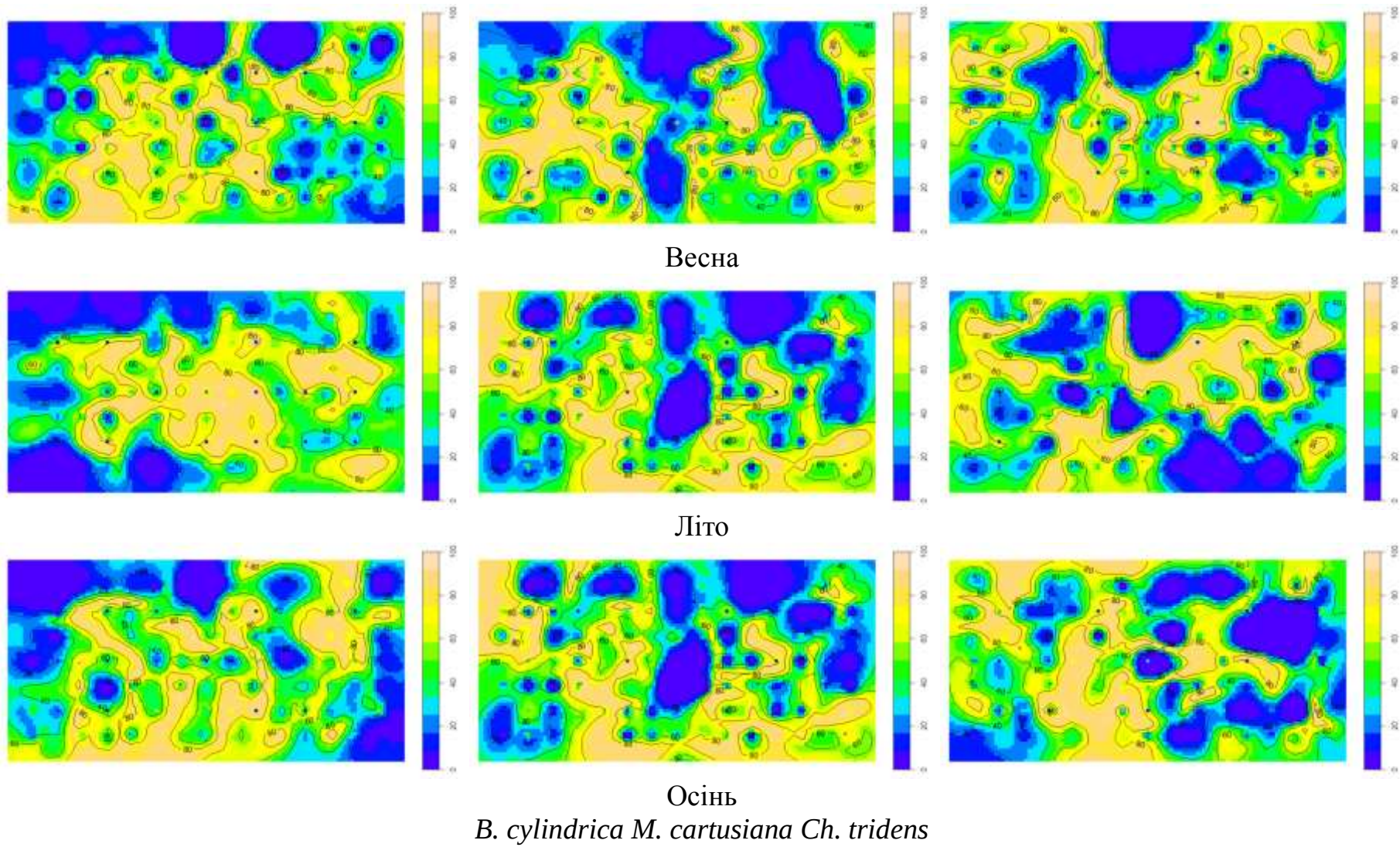


Рис. 5.16. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах в 2013 р. по сезонах

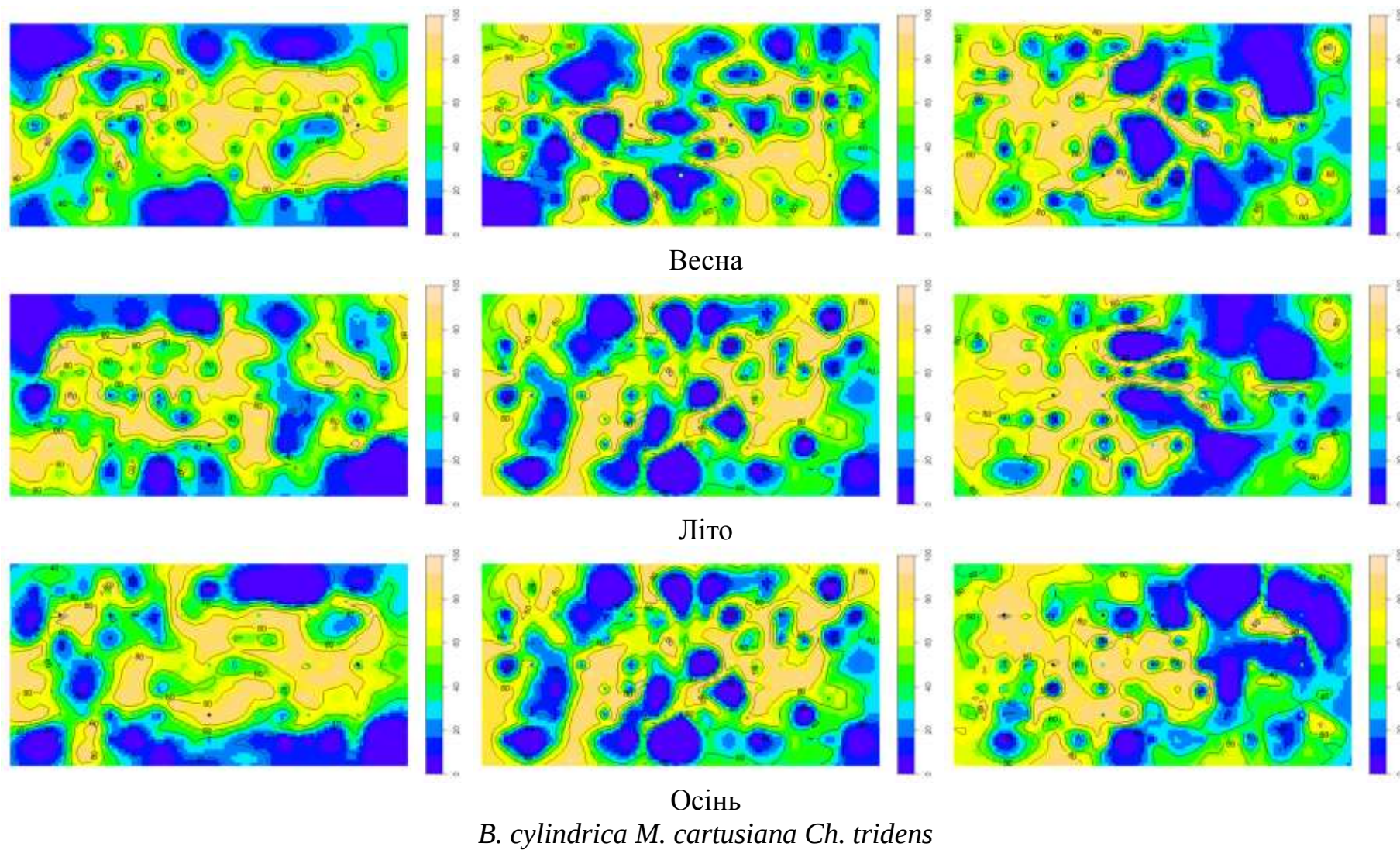


Рис. 5.17. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах в 2014 р. по сезонах

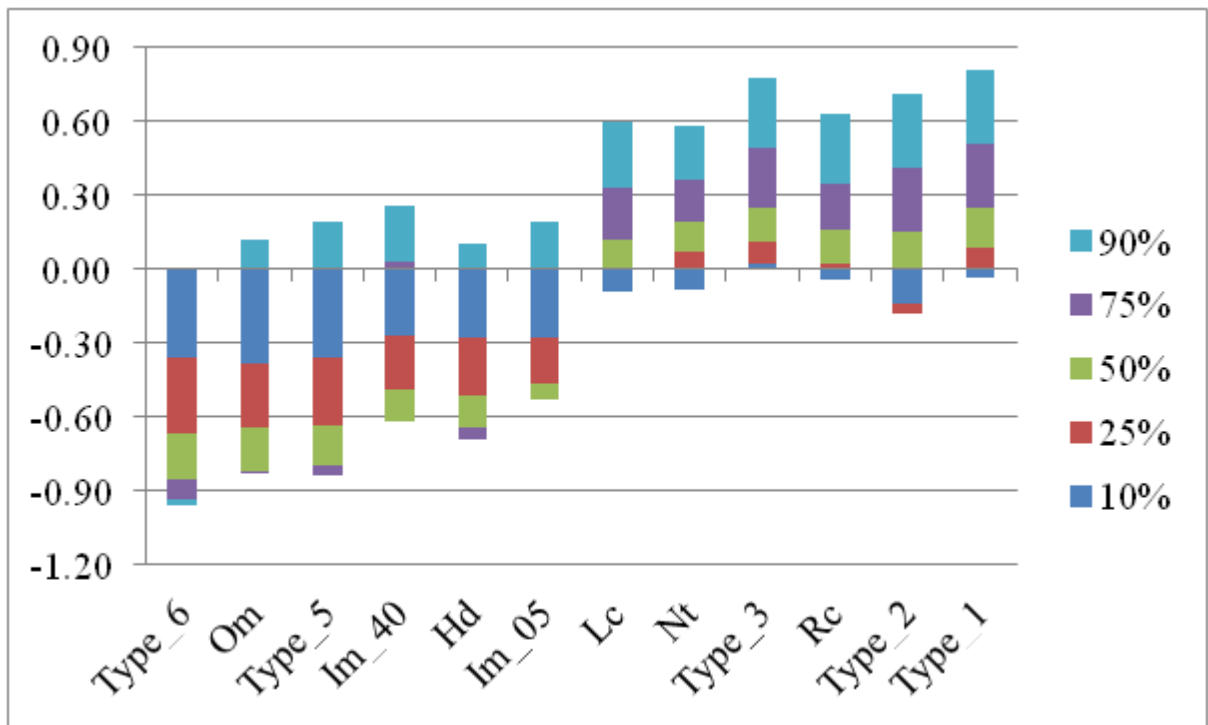


Рис. 5.18. Параметри маргинальності екологічної ніші для трьох видів молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах. Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані перцентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

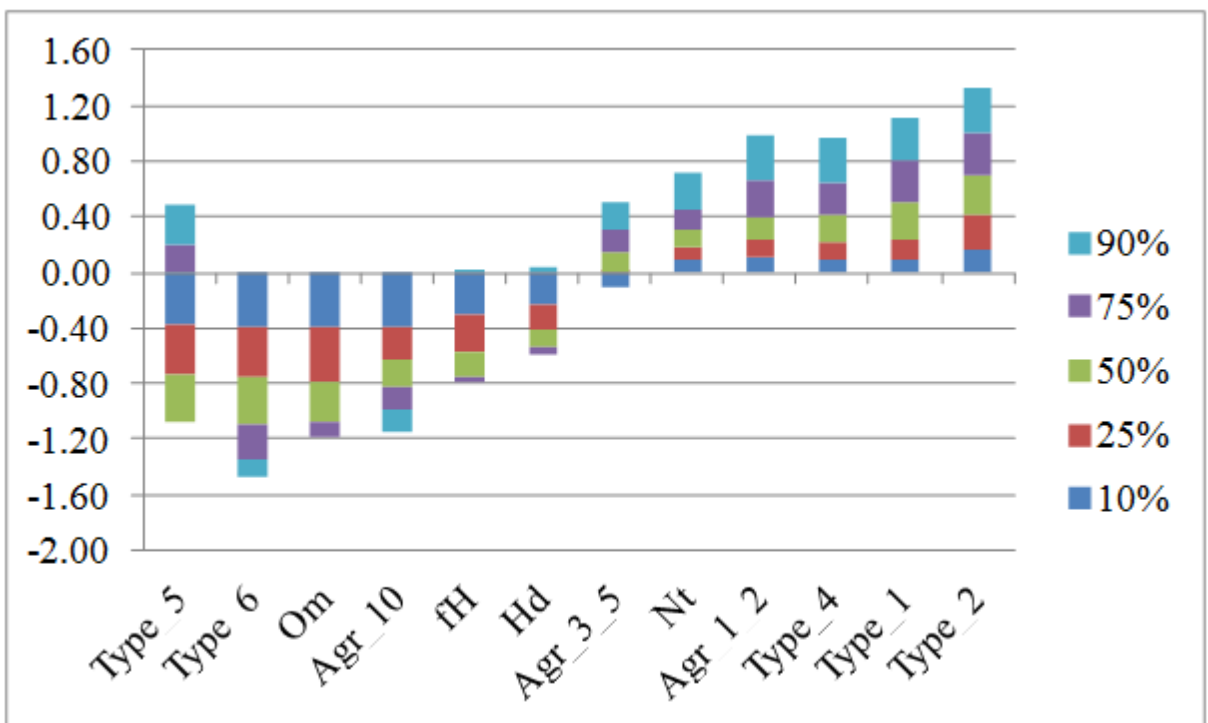


Рис. 5.19. Параметри маргинальності екологічної ніші для *B. cylindrica* у межах дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані перцентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Найбільш суттєві особливості екологічної ніші молюска *M. cartusiana* полягають у преференції ним мікроділянок з більшим вмістом агрегатних фракцій 1–2 та 3–5 мм, більшим проективним покриттям фізіономічних типів I, II та IV (рис. 5.20). Цей вид уникає порівняно більш зволжених умов з більшою змінністю режиму зволоження ґрунту. Найчастіше несприятливі умови для *M. cartusiana* формуються при переважанні проективного покриття фізіономічного типу V та VI. Негативно на цього молюска впливає підвищені показники омброклімату. Ділянки з більшим вмістом агрегатів >10мм, як правило, відрізняються меншою чисельністю *M. cartusiana*.

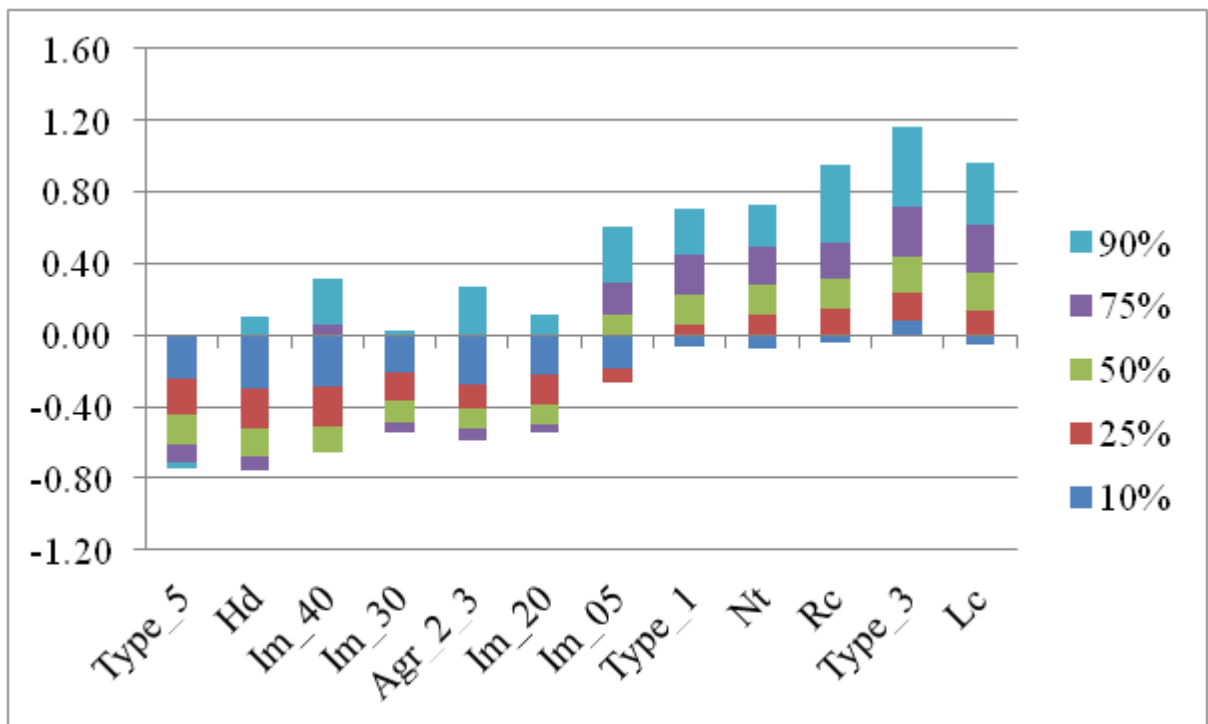


Рис. 5.20. Параметри маргинальності екологічної ніші для *M. cartusiana* у межах дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані перцентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Одержані результати за весь період досліджень дозволяють стверджувати, що у межах біогеоценозу на дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах молюски *Ch. tridens* надають перевагу фізіономічним типам рослинності I та III (рис. 5.21). Сприятливі умови для виду маркуються більшими показниками азотного живлення, освітлення та кислотності. Більшу твердість ґрунту на глибині 0–5 см також можна розглядати як

показник сприятливих умов для *Ch. tridens*. Обмежують поширення виду такі фактори, як більше проєктивне покриття мертвими рослинними залишками. Слід відзначити, що більший вміст агрегатів розміром 2–3 мм маркує несприятливі умови для *Ch. tridens*. Негативно на цей вид впливає порівняно підвищене зволоження едафтопу та підвищена твердість ґрунту на середніх глибинах.

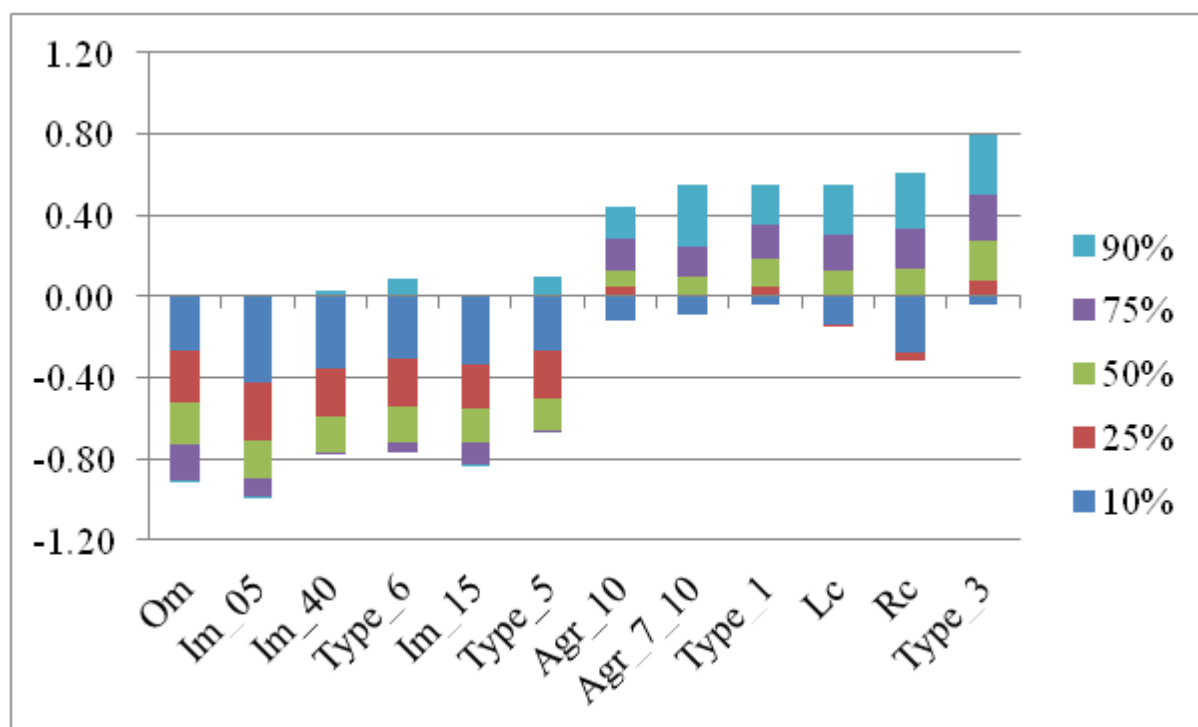


Рис. 5.21. Параметри маргинальності екологічної ніші для *Ch. tridens* у межах дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані перцентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Таким чином, декілька років поспіль ми відмічаємо подібні патерни структури екологічної ніші молюсків у межах біогеоценозу на дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах. Очевидно, така стійкість обумовлена екологічним стандартом виду на просторово-часовою регулярністю екологічних режимів в умовах даного типу техноземів. Повторюваність у часі просторових патернів едафічних властивостей обумовлене формуванням у ґрунтоподібного тіла, яким є технозем, системних властивостей. Очевидним атрибутом системності є наявність пам'яті, що і виражається у повторюваності структурно-організаційних форм

технозему. Таким формам можна придати статус ґрунтових екоморф (Жуков, Задорожна, 2016).

Відповідно до уявлень О. Л. Бельгарда [7], екоморфа розкриває взаємозв'язок організмів і середовища та відбиває ступінь їх пристосування до найбільш важливих елементів біогеоценозу. Система екоморф поширена на інші компоненти біогеоценозу [67, 74, 246], що дозволяє інтерпретувати екоморфу як адаптацію біотичної та біокосної компонент біогеоценозу до біогеоценозу в цілому. У свою чергу адаптивність визначають як реакції різних об'єктів на фактори зовнішнього середовища, що проявляє себе в зміні будови та функцій реагуючих об'єктів і їх груп у відповідь на різні мінливі умови, у результаті чого зберігається їхнє існування [205].

Слід відзначити особливо важливу роль рослинного угруповання в формуванні та підтриманні регулярності у часі ґрунтових структур, яким надають статус екоморфічної організації ґрунтового тіла. Екоморфічні структури можуть бути ідентифіковані за допомогою оцінки просторової варіабельності фізичних властивостей ґрунту та фізіономічних особливостей рослинного покриву, а також фітоіндикаційних оцінок екологічних режимів. Дані маркери можуть бути застосовані для описання екологічної ніші наземних молюсків у якості еколого-географічних предикторів екологічної ніші. Таким чином, просторові патерни варіабельності ґрунтових властивостей, патерни мінливості структури рослинного угруповання таким чином структурують екологічне середовище, що така неоднорідність позначається на просторовому розміщенні наземних молюсків на просторовому рівні окремого біогеоценозу.

5.4. Дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах у 2012 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив (табл. 5.10). Це свідчить про те,

що досліджена територія не сприймається молюсками як однорідна. Протягом вегетаційного періоду маргинальність для *B. cylindrica* та *M. cartusiana* демонструє стійку тенденцію до зростання. Таким чином, найбільш сприятливі умови для існування цих видів молюсків формуються навесні та протягом року стають більш жорсткими. Для екологічної ніші молюска *Ch. tridens* найбільше значення маргинальності встановлене для літа, а найменше – для весни. Найбільш маргинальні умови у межах дослідженого біогеоценозу формуються для молюска *Ch. tridens*.

Спеціалізація зростає протягом року для молюска *B. cylindrica*. Для молюсків *M. cartusiana* та *Ch. tridens* спеціалізація є найменшою навесні, а найбільшою – влітку. Найбільшою спеціалізацією характеризується екологічна ніша молюска *Ch. tridens*. Навесні маргинальність екологічної ніші молюска *B. cylindrica* визначається переважно такими еколого-географічними предикторами, як вміст деяких агрегатів у ґрунті, фізіономічні особливості рослинного покриву та такі екологічні режими, як кислотність едафотопу та режими континентальності та кріоклімату. Ці молюски надають перевагу мікроділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром від 2 до 10 мм і уникають ділянок з підвищеним вмістом агрегатів розміром < 0.25 –2 та > 10 мм. Молюск *B. cylindrica* негативно реагує на підвищену твердість у приповерхневих шарах та позитивно – у більш глибоких шарах ґрунту.

Фізіономічні типи навесні незначною мірою визначають особливості екологічної ніші молюска *B. cylindrica*. Вже влітку та восени роль фізіономічного вигляду рослинного покриву збільшується. Саме у ці сезони молюск надає перевагу таким фізіономічним типам, як I, III та IV, та уникають II, V та VI. Головними аспектами спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* в весняний період є вміст твердості ґрунту на глибині 40–50 см, проективне покриття фізіономічних типів I та VI. Для спеціалізації екологічної ніші *B. cylindrica* влітку характерна більш важлива роль режиму освітлення та вмісту агрегатів розміром 5–7 мм. Восени продовжується тенденція збільшення спеціалізації за проективним покриттям фізіономічного типу VI.

Таблиця 5.10

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах по сезонах (2012 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	-0.22	0.01	-0.23	-0.05	-0.17	0.10	-0.26	-0.01	-0.20	-0.05	0.02	0.12	-0.26	0.02	-0.25	-0.07	-0.04	-0.08
Agr_025_05	-0.22	0.06	-0.18	-0.17	-0.29	-0.59	-0.13	-0.19	-0.23	0.02	-0.12	-0.35	-0.11	-0.09	-0.30	-0.20	-0.16	-0.43
Agr_05_1	-0.10	0.04	-0.10	0.00	-0.16	0.17	-0.05	0.05	-0.16	-0.19	-0.08	-0.11	-0.06	0.11	-0.17	0.31	-0.16	0.10
Agr_1_2	-0.25	-0.10	-0.17	0.01	-0.22	0.23	-0.28	-0.10	-0.20	-0.18	0.00	0.08	-0.26	0.49	-0.26	0.04	-0.01	0.15
Agr_10	-0.06	0.06	0.09	-0.09	0.06	-0.14	0.08	-0.14	-0.04	-0.23	0.03	-0.18	-0.04	0.21	0.01	0.07	-0.07	-0.11
Agr_2_3	0.25	0.10	0.02	0.07	0.07	-0.09	0.19	0.11	0.09	-0.17	0.04	-0.05	0.21	-0.04	0.05	0.14	0.08	-0.01
Agr_3_5	0.18	0.07	0.16	0.09	0.22	0.22	0.08	-0.19	0.24	-0.24	-0.04	0.14	0.18	0.17	0.28	0.16	0.07	-0.24
Agr_5_7	0.30	-0.06	0.20	-0.32	0.35	-0.20	0.11	0.26	0.37	0.12	0.05	-0.09	0.21	0.12	0.38	-0.10	0.18	0.10
Agr_7_10	0.30	0.01	0.20	-0.03	0.25	-0.12	0.11	-0.05	0.33	-0.06	-0.01	-0.25	0.17	0.07	0.33	-0.02	0.12	-0.02
Im_05	-0.08	-0.07	-0.19	-0.01	-0.12	-0.02	-0.14	-0.01	-0.13	0.03	0.03	-0.05	-0.08	0.12	-0.18	-0.14	-0.08	-0.04
Im_10	-0.10	-0.06	-0.11	0.13	-0.01	0.09	-0.23	0.08	-0.06	-0.07	0.00	0.15	-0.21	-0.04	-0.15	0.17	0.01	-0.01
Im_15	0.06	0.12	-0.06	0.13	0.10	0.03	-0.09	0.09	0.06	0.02	0.19	-0.11	-0.08	-0.03	-0.03	0.17	0.14	0.11
Im_20	0.09	0.00	0.05	-0.05	0.22	0.00	0.09	-0.01	0.00	0.10	0.30	0.07	0.00	0.01	-0.04	-0.01	0.06	-0.08
Im_25	0.03	0.04	0.16	-0.10	0.24	-0.02	-0.03	0.16	0.05	0.00	0.19	0.05	0.04	-0.14	0.07	-0.12	0.01	0.06
Im_30	0.07	-0.01	0.17	0.03	0.05	-0.05	0.03	-0.13	0.10	-0.10	-0.13	-0.16	0.05	0.14	0.01	0.05	-0.07	-0.09
Im_35	0.04	0.10	0.27	-0.06	0.12	-0.19	0.12	-0.08	0.09	0.04	-0.18	-0.10	0.08	-0.07	0.03	-0.27	-0.12	-0.19
Im_40	0.11	-0.01	0.26	0.31	0.09	0.11	0.20	-0.27	0.06	0.01	-0.20	0.17	0.18	-0.12	0.06	0.10	-0.16	0.16
Im_45	0.21	-0.50	0.30	-0.13	0.13	0.02	0.24	0.19	0.12	0.07	-0.14	0.13	0.17	0.29	0.10	0.19	-0.07	0.07
Im_50	0.17	0.39	0.25	-0.14	0.10	0.11	0.20	0.17	0.09	-0.24	-0.19	-0.07	0.22	0.02	0.09	0.04	-0.15	0.19

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_1	0.06	0.23	0.05	-0.24	0.00	-0.35	0.30	0.00	-0.02	0.08	-0.22	-0.50	0.29	0.08	0.03	-0.19	-0.15	0.24
Type_2	0.02	-0.01	-0.29	-0.22	-0.08	-0.11	-0.07	-0.21	-0.06	0.03	0.11	0.05	0.03	-0.05	-0.04	-0.02	0.03	0.35
Type_3	0.05	0.09	0.23	-0.08	0.12	-0.10	0.22	-0.02	0.08	-0.02	-0.22	0.01	0.17	-0.36	0.14	0.28	-0.14	-0.23
Type_4	-0.17	-0.09	-0.10	0.00	-0.17	0.09	0.20	0.15	-0.22	-0.10	-0.13	0.05	0.11	0.03	-0.24	0.09	-0.23	-0.18
Type_5	0.16	-0.15	-0.11	0.17	0.11	-0.07	-0.14	0.23	0.16	-0.52	0.38	-0.19	-0.10	0.15	0.11	0.06	0.35	-0.27
Type_6	-0.10	0.48	-0.05	-0.62	0.00	-0.36	-0.38	0.35	0.03	0.45	0.22	-0.42	-0.32	-0.43	-0.06	-0.22	0.19	0.00
Ae	-0.13	0.16	-0.17	-0.19	-0.21	0.04	0.06	0.12	-0.06	-0.07	0.05	-0.17	0.15	-0.09	-0.10	0.40	0.03	0.07
Ca	-0.09	0.06	0.13	0.07	-0.01	0.15	0.14	-0.08	0.00	0.11	-0.18	0.06	0.04	-0.09	0.01	0.12	-0.05	-0.01
Cr	0.25	0.26	0.01	0.01	0.24	-0.03	0.18	-0.10	0.15	0.30	0.16	-0.19	0.26	-0.06	0.19	-0.16	0.16	-0.31
EC	0.06	0.07	-0.10	0.04	0.00	0.02	-0.08	-0.07	0.02	-0.14	0.09	0.06	0.00	0.11	0.04	-0.06	0.06	0.22
fH	-0.15	-0.10	0.03	-0.09	-0.16	-0.10	0.07	0.13	-0.06	0.03	-0.13	-0.01	-0.05	0.01	-0.07	-0.20	0.03	0.11
Hd	0.00	0.09	-0.02	0.14	-0.13	-0.04	0.10	-0.13	-0.08	0.00	-0.06	0.02	0.26	0.01	-0.09	0.11	-0.20	-0.06
Kn	0.14	-0.09	0.20	-0.09	0.22	-0.12	0.08	0.05	0.29	-0.01	0.19	-0.06	0.09	0.10	0.17	-0.15	0.24	0.16
Lc	0.07	0.09	-0.05	0.20	0.07	0.11	-0.20	-0.46	0.14	0.15	0.35	0.06	-0.13	0.21	0.09	0.02	0.36	-0.05
Nt	-0.08	-0.13	-0.09	0.01	-0.09	-0.06	-0.07	0.24	-0.13	0.10	-0.03	-0.08	0.08	-0.03	-0.10	-0.27	-0.18	0.05
Om	0.19	0.10	-0.03	0.04	-0.01	0.03	-0.09	-0.12	0.13	0.15	0.17	0.00	-0.13	0.00	0.02	0.16	0.18	-0.01
Rc	0.39	-0.06	0.10	-0.06	0.12	0.02	0.13	0.09	0.34	-0.02	0.17	0.05	0.19	-0.11	0.27	-0.06	0.35	-0.06
Sl	-0.06	0.13	0.23	0.08	0.21	0.05	0.00	0.04	0.13	-0.01	0.02	0.06	-0.08	0.02	0.12	0.17	0.14	-0.04
Tm	0.14	-0.14	0.13	0.10	0.26	0.05	0.13	-0.06	0.24	-0.10	0.17	0.17	0.18	0.19	0.18	-0.03	0.22	0.16
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.33	0.01	0.40	0.01	0.16	0.01	0.35	0.01	0.59	0.01	0.67	0.01	0.98	0.01	0.76	0.01	0.30	0.01
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	2.16	0.01	1.82	0.02	2.16	0.01	2.18	0.31	2.50	0.01	3.95	0.01	3.48	0.01	2.03	0.05	2.27	0.20

Молюск *M. cartusiana* навесні надає перевагу мікроділянкам з переважаючим вмістом агрегатів розміром більше 2 мм та навпаки, уникають умов з більшим вмістом менших за розміром агрегатів. Більш тверді ґрунти на глибині більше 15 см вказують на більш привабливі умови для даного виду. Із фізіономічних типів найбільш привабливим є тип III, а тип II навпаки, маркує менш сприятливі умови. Молюски *M. cartusiana* в дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах уникають більш аерованих умов та надають перевагу мікроділянкам з більшим вмістом карбонатів, більшим засоленням та більшими показниками континентальності. Влітку та восени відбуваються тільки деякі кількісні зміни характеристики екологічної ніші *M. cartusiana*, а загальні якісні особливості залишаються незмінними. Спеціалізацію екологічної ніші *M. cartusiana* визначають такі еколого-географічні предиктори, як вміст агрегатів розміром 5–7 мм, твердість на глибині 35–40 см, проективне покриття фізіономічного типу VI. Протягом року деякі особливості спеціалізації екологічної ніші *M. cartusiana* дещо змінюються кількісно, при цьому загальна конфігурація спеціалізації залишається незмінною.

Маргинальність екологічної ніші *Ch. tridens* визначають такі еко-географічні предиктори, як агрегатний склад ґрунту, фізіономічні особливості рослинності та екологічні режими. Цей вид надає перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів розміром більше 2 мм та уникає ділянок з переважанням дрібніших фракцій. Надає перевагу ділянкам з підвищеною твердістю ґрунту на глибині 10–25 см та уникає ділянок з підвищеною твердістю на глибині 0–5 см. Переважним фізіономічним типом для *Ch. tridens* III. Уникає ділянок з підвищеною аерацією, вологістю та змінністю зволоження. Надає перевагу ділянкам з підвищеними показниками континентальності, кріоклімату, термоклімату і засоленням. Загалом, особливості маргинальності екологічної ніші *Ch. tridens* протягом року якісно не змінюються. Спеціалізацію екологічної ніші *Ch. tridens* визначають

вміст агрегатів 0.25–0.5 мм, проективне покриття фізіономічних типів I та VI, вміст карбонатів.

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах у 2013 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив (табл. 5.11).

Загальна маргинальність екологічної ніші *B. cylindrica* протягом сезону сягала свого найбільшого значення влітку, а найменшого – навесні. Стабільною була структура маргинальності – відповідні індекси протягом року змінювались несуттєво. Особливості маргинальності вказують на те, що молюск *B. cylindrica* надає перевагу ділянкам з підвищеним вмістом карбонатів. Цей вид уникає ділянок з більшим вмістом засвоюваних форм азоту та з більшим рівнем зволоження.

Маргинальність екологічної ніші *M. cartusiana* досягла максимального значення восени, а найменшого – влітку. Протягом року особливості екологічної ніші характеризувались великим рівнем подібності. Молюск *M. cartusiana* надає перевагу ділянкам з більшим вмістом агрегатів розміром >10 мм, з більшою твердістю на глибині 0–10 см, більшим режимом освітлення та підвищеними характеристиками терморегіму. Вид уникав ділянок з підвищеним вмістом агрегатів розміром 2–3 та 5–10 мм. Також несприятливі умови для *M. cartusiana* формуються на ділянках з більшим проективним покриттям фізіономічного типу IV.

Максимальний рівень маргинальності *Ch. tridens* встановлений восени 2013 р. Протягом року структура екологічної ніші залишалась константою. Вид надає перевагу ділянкам з підвищеним вмістом агрегатів розміром 1 – 7мм, з більшою твердістю ґрунту на глибині 0–10 см, з більшим рівнем проективного покриття фізіономічного типу V, з більшим рівнем мінералізації ґрунтового розчину. Вид уникає ділянок з підвищеним проективним покриттям злаків (фізіономічний тип I).

Таблиця 5.11

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах по сезонах (2013 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	0.00	-0.07	-0.17	0.07	-0.26	-0.10	-0.12	-0.05	-0.38	-0.12	-0.10	0.03	-0.22	-0.05	-0.35	0.17	-0.10	0.01
Agr_025_05	0.19	0.04	-0.09	-0.17	-0.23	-0.10	-0.09	0.01	-0.20	0.01	-0.16	-0.16	-0.08	-0.06	-0.10	-0.13	-0.15	0.11
Agr_05_1	-0.17	0.00	0.02	-0.02	-0.10	0.14	-0.30	-0.01	-0.09	0.11	-0.06	-0.01	-0.33	0.12	-0.06	0.09	0.03	0.10
Agr_1_2	-0.05	0.08	0.06	0.01	0.04	-0.08	-0.14	0.04	0.12	0.13	0.18	-0.13	0.00	0.17	-0.03	0.27	0.04	0.20
Agr_10	0.10	0.05	0.35	-0.12	-0.01	-0.16	0.16	-0.01	0.39	-0.02	0.07	-0.17	0.24	-0.19	0.42	0.09	0.06	0.32
Agr_2_3	0.06	-0.03	-0.23	-0.16	0.17	-0.02	0.20	-0.03	-0.18	0.17	0.01	-0.13	0.23	-0.14	-0.13	0.02	0.11	0.15
Agr_3_5	0.29	0.01	0.08	0.01	0.11	-0.05	0.30	0.02	0.06	0.05	0.11	-0.12	0.08	-0.07	-0.02	0.03	0.06	0.16
Agr_5_7	0.04	0.02	-0.12	-0.03	0.08	0.03	-0.10	0.00	0.03	-0.09	-0.05	0.11	-0.10	0.18	0.10	0.18	-0.03	-0.11
Agr_7_10	-0.19	-0.11	-0.25	0.20	-0.03	-0.01	-0.43	-0.08	-0.13	0.07	-0.14	-0.14	-0.52	-0.41	-0.17	0.08	-0.10	0.15
Im_05	0.03	-0.24	0.13	-0.11	0.39	0.13	0.06	-0.16	0.05	-0.04	0.44	0.12	0.08	0.35	-0.03	0.06	0.42	-0.06
Im_10	-0.13	-0.04	0.29	0.08	0.38	0.10	-0.04	-0.05	0.12	-0.02	0.52	0.08	0.02	-0.15	0.06	-0.04	0.52	-0.03
Im_15	-0.05	0.09	0.09	0.20	0.11	-0.12	-0.10	0.07	0.01	-0.11	0.14	-0.10	0.08	0.20	0.11	0.06	0.13	0.11
Im_20	0.03	-0.71	0.00	-0.18	-0.21	0.63	0.02	-0.70	0.10	0.04	-0.14	0.59	0.13	-0.37	0.22	0.34	-0.16	-0.38
Im_25	0.37	-0.12	0.15	-0.05	0.18	0.08	0.27	-0.07	0.28	-0.04	0.04	0.12	0.21	-0.04	0.13	-0.01	0.14	-0.14
Im_30	-0.03	0.04	0.18	-0.01	0.03	0.12	0.24	0.01	0.04	-0.06	0.12	0.02	0.13	-0.06	0.10	0.02	-0.02	-0.01
Im_35	-0.11	0.10	0.24	-0.30	0.21	-0.22	-0.03	0.06	0.12	-0.01	0.13	-0.10	0.07	-0.13	0.18	-0.25	0.05	0.02
Im_40	0.08	-0.08	0.26	0.41	0.25	0.05	-0.11	0.01	0.14	0.13	0.22	-0.05	0.19	-0.08	0.21	-0.07	0.13	-0.07
Im_45	-0.04	-0.06	0.21	-0.30	0.30	0.01	-0.03	-0.09	-0.03	-0.03	0.21	0.02	0.14	-0.11	0.16	0.06	0.16	0.13
Im_50	-0.16	0.02	0.08	-0.03	0.19	-0.04	0.04	0.06	-0.09	-0.09	0.06	0.08	0.18	0.10	0.14	0.16	0.09	-0.16

Продовж. табл. 5.11

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_1	0.30	0.09	0.11	-0.01	-0.08	0.23	-0.05	0.14	0.18	-0.20	-0.05	0.14	0.02	-0.02	0.33	-0.26	-0.07	-0.20
Type_2	0.11	0.02	-0.09	-0.24	-0.07	0.05	-0.22	0.01	-0.14	-0.14	-0.12	-0.01	-0.06	-0.11	-0.08	-0.16	-0.02	-0.05
Type_3	0.06	0.54	0.16	-0.09	-0.03	-0.53	0.04	0.59	0.23	0.07	0.02	-0.57	0.17	-0.28	0.28	-0.26	0.06	0.46
Type_4	0.07	0.13	-0.30	-0.06	0.00	-0.04	-0.13	0.10	-0.19	0.06	-0.09	-0.11	-0.16	0.09	-0.05	-0.15	-0.29	0.25
Type_5	-0.08	0.03	-0.14	0.15	0.27	0.11	-0.19	-0.04	-0.08	-0.21	0.26	0.13	-0.16	0.04	-0.11	-0.07	0.23	-0.10
Type_6	-0.12	0.08	-0.01	-0.17	0.07	0.03	0.17	0.12	-0.09	-0.28	0.07	-0.03	0.08	-0.20	-0.27	-0.45	0.04	0.04
Ae	-0.21	0.02	0.02	-0.10	-0.08	0.13	0.04	0.04	0.11	-0.55	-0.07	0.11	0.10	-0.10	0.01	-0.26	-0.10	-0.15
Ca	0.35	0.03	-0.05	0.02	-0.07	-0.10	0.22	-0.04	0.17	0.05	-0.07	-0.09	0.24	0.08	0.00	0.02	-0.13	0.13
Cr	-0.28	-0.06	0.10	-0.11	0.01	0.05	-0.12	-0.05	-0.17	0.28	-0.02	0.06	-0.14	-0.05	0.07	0.16	-0.10	-0.06
EC	0.03	-0.06	0.06	-0.29	-0.06	0.05	0.16	-0.03	0.23	0.07	0.00	0.06	0.01	0.02	0.11	-0.06	0.14	-0.18
fH	0.02	-0.03	-0.04	-0.04	0.11	-0.03	-0.05	0.01	0.00	-0.26	0.15	0.00	-0.01	-0.02	0.08	-0.14	0.19	0.00
Hd	-0.24	0.01	-0.06	-0.09	-0.06	-0.03	-0.24	0.08	-0.17	0.02	-0.13	-0.01	-0.09	-0.14	0.07	-0.14	-0.25	0.02
Kn	0.05	0.06	-0.08	0.00	-0.15	-0.05	0.07	0.10	0.05	-0.01	-0.11	0.09	0.05	0.13	-0.06	0.06	-0.08	-0.15
Lc	-0.07	-0.12	0.28	0.08	0.13	0.02	0.03	-0.11	0.20	-0.11	0.10	-0.01	0.00	-0.29	0.22	0.04	0.10	0.03
Nt	-0.18	0.11	0.16	0.30	-0.05	-0.08	0.02	0.08	0.17	0.27	-0.01	-0.14	-0.01	0.00	0.05	0.10	0.18	0.24
Om	-0.06	0.02	0.13	-0.01	0.13	0.04	-0.10	-0.04	-0.16	0.17	0.09	0.09	0.02	0.12	0.01	-0.13	0.00	-0.11
Rc	0.13	-0.05	-0.05	0.09	0.02	-0.05	0.17	-0.05	0.16	0.28	0.04	-0.08	0.11	0.10	-0.12	0.19	-0.04	0.16
Sl	0.28	0.02	0.02	-0.28	0.15	0.07	0.14	0.02	0.09	0.13	0.27	0.03	0.22	-0.07	0.09	0.03	0.13	-0.07
Tm	-0.12	0.02	0.20	0.13	-0.02	-0.08	-0.07	-0.01	0.06	0.04	0.06	-0.05	0.00	0.11	0.18	0.05	-0.01	0.02
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.09	0.04	0.32	0.01	0.62	0.01	0.32	0.01	0.31	0.01	0.88	0.01	0.25	0.01	0.42	0.01	0.92	0.01
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	2.24	0.18	2.05	0.50	5.28	0.01	2.44	0.04	2.64	0.15	11.64	0.01	1.85	0.62	2.53	0.41	12.57	0.01

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш наземних молюсків дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах у 2014 р. характеризуються власними числами, які статистично вірогідно відрізняються від випадкових альтернатив (табл. 5.12).

Аналіз маргинальності екологічної ніші *B. cylindrica* вказує на перевагу цим видом мікростацій зі збільшеним вмістом агрегатів розміром < 0.25 –1 та 3–5 мм. Підвищений вміст таких агрегатних фракцій, як 1–3 та 5–10 мм маркують ділянки з менш сприятливими умовами для *B. cylindrica*. Твердість ґрунту також надає інформацію про ступінь сприятливості умов для молюска. Так, менш високе значення твердості на всіх глибинах, за винятком 15–25 см, відповідає більш сприятливим умовам. В умовах 2014 р. молюск *B. cylindrica* надавав перевагу мікростаціям з більшим проективним покриттям фізіономічного типу IV, а уникав фізіономічного типу II. Фітоіндикаційне оцінювання умов вказує на переважання молюском *B. cylindrica* екологічних режимів з більшим вмістом карбонатів.

За результатами вивчення просторового розміщення особин *M. cartusiana* у межах біогеоценозу на дерново-літогенному ґрунті на червоно-бурих глинах одержані оцінки маргинальності та спеціалізації екологічної ніші цього виду, які статистично вірогідно не відрізняються від випадкової альтернативи. Найбільша відмінність від випадкової альтернативи була встановлена для спеціалізації ніші виду навесні та восени. Порівняно висока чисельність виду в межах дослідженої ділянки вказує на наближеність умов існування до оптимальних за яких не існує суттєвих факторів, які обмежують чисельність виду. Іншим поясненням може бути те, що мозаїчність виду, яка спостерігалась цього року, виходила за рамки обраної частоти відбору проб у просторі.

Таблиця 5.12

Маргинальність та спеціалізація екологічних ніш молюсків в дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах по сезонах (2014 р.)

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Agr_025	0.10	-0.06	-0.08	-0.19	-0.04	0.07	0.14	0.10	-0.07	-0.11	-0.01	-0.26	0.10	-0.07	-0.12	0.15	-0.15	-0.19
Agr_025_05	0.18	-0.02	-0.04	0.05	-0.07	-0.04	0.10	-0.04	0.08	-0.16	-0.08	0.20	0.03	0.28	-0.05	-0.12	-0.24	0.19
Agr_05_1	0.01	-0.08	-0.17	0.04	-0.06	-0.05	-0.02	0.02	-0.07	0.00	-0.04	-0.03	-0.11	-0.07	-0.16	0.07	-0.30	-0.11
Agr_1_2	-0.13	0.07	0.11	0.18	0.29	-0.02	-0.05	-0.15	0.02	-0.03	0.27	-0.10	0.07	-0.24	0.01	0.12	-0.05	0.10
Agr_10	-0.03	-0.03	0.30	0.11	0.24	-0.37	-0.24	-0.19	0.36	-0.11	0.17	-0.16	0.00	0.38	0.36	0.64	0.27	0.07
Agr_2_3	-0.05	-0.06	0.10	-0.03	0.03	0.05	0.04	-0.09	-0.02	-0.08	0.09	0.34	0.15	0.23	0.10	0.05	0.14	0.03
Agr_3_5	0.27	0.17	-0.08	0.02	-0.21	-0.12	0.27	-0.02	-0.08	-0.05	-0.14	0.01	-0.03	0.09	-0.10	0.11	0.22	-0.05
Agr_5_7	-0.10	0.01	-0.13	0.11	-0.21	0.07	-0.09	-0.04	-0.15	0.11	-0.23	-0.05	-0.32	-0.11	-0.16	0.11	-0.04	0.05
Agr_7_10	-0.15	-0.23	-0.27	-0.01	-0.26	0.11	-0.13	0.04	-0.32	-0.25	-0.24	-0.19	-0.40	0.14	-0.33	0.12	-0.41	0.16
Im_05	-0.18	-0.21	0.19	0.07	0.27	-0.09	-0.09	-0.46	0.19	-0.11	0.32	0.12	-0.10	-0.05	0.25	-0.10	0.14	0.05
Im_10	-0.34	0.39	0.24	-0.21	0.34	0.05	-0.30	-0.16	0.24	-0.09	0.37	0.07	-0.34	-0.11	0.29	0.04	0.19	0.01
Im_15	-0.13	-0.02	0.09	0.31	0.19	-0.11	-0.28	0.15	0.17	0.40	0.25	-0.11	-0.32	-0.11	0.12	-0.22	-0.03	0.04
Im_20	0.19	0.09	-0.02	0.10	-0.09	-0.11	0.01	0.02	-0.12	0.04	0.00	0.23	0.12	0.08	-0.06	0.12	0.18	0.14
Im_25	0.07	-0.11	0.08	-0.15	-0.01	-0.11	0.03	-0.04	0.03	-0.22	0.08	-0.16	0.00	-0.33	-0.06	0.03	0.16	-0.12
Im_30	-0.29	-0.25	0.15	0.13	-0.01	0.41	-0.27	0.16	0.07	0.19	0.07	-0.18	-0.02	0.08	0.01	0.06	-0.01	0.03
Im_35	-0.18	-0.14	0.23	-0.17	0.13	-0.18	-0.13	0.30	0.07	-0.13	0.08	0.19	0.06	-0.04	0.02	-0.29	0.17	0.00
Im_40	-0.20	0.42	0.31	0.01	0.17	0.31	-0.08	-0.12	0.09	-0.11	0.15	0.10	-0.04	0.05	0.04	0.21	0.14	-0.17
Im_45	-0.28	-0.10	0.24	-0.17	0.22	0.03	-0.32	-0.08	0.13	-0.30	0.21	-0.02	-0.13	0.06	0.14	0.02	0.13	0.02
Im_50	-0.18	-0.08	0.21	0.09	0.12	-0.15	-0.27	0.18	0.14	0.17	0.15	-0.27	-0.11	-0.06	0.00	0.00	-0.03	0.09

Продовж. табл. 5.12

Еколого-географічні предиктори	Весна						Літо						Осінь					
	<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>		<i>B. cylindrica</i>		<i>M. cartusiana</i>		<i>Ch. tridens</i>	
	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp	Mar	Sp
Type_1	0.03	-0.22	0.13	-0.53	0.02	0.17	-0.07	0.03	0.16	-0.42	-0.08	-0.08	-0.07	0.14	0.09	0.02	-0.02	-0.48
Type_2	-0.14	-0.06	-0.29	-0.35	-0.02	0.08	0.11	0.11	-0.22	-0.09	-0.05	0.21	-0.07	0.12	-0.20	0.14	-0.07	-0.12
Type_3	0.01	-0.09	0.24	-0.01	0.12	0.41	-0.22	0.12	0.31	-0.11	0.09	-0.09	-0.10	0.15	0.30	0.09	-0.02	-0.36
Type_4	0.10	0.00	-0.20	0.08	-0.26	-0.06	0.01	-0.17	-0.25	0.03	-0.29	0.09	-0.16	-0.01	-0.22	0.07	-0.13	0.01
Type_5	-0.02	-0.10	0.00	0.04	0.16	0.03	0.03	0.24	-0.10	0.10	0.12	0.13	-0.23	0.17	-0.10	0.00	-0.26	-0.02
Type_6	0.02	-0.17	-0.09	-0.29	-0.06	0.19	0.07	-0.27	-0.14	-0.28	0.02	-0.15	0.15	0.30	-0.09	0.12	0.09	-0.28
Ae	-0.11	-0.04	0.08	-0.20	0.09	0.04	-0.25	-0.07	0.03	-0.04	0.05	0.33	-0.05	0.28	0.06	0.08	-0.05	-0.09
Ca	0.10	0.28	0.13	-0.08	0.12	0.03	-0.15	0.06	0.20	-0.05	0.17	0.00	-0.14	0.23	0.21	-0.08	0.25	0.16
Cr	-0.14	-0.03	0.04	0.08	0.00	0.08	0.09	0.08	-0.12	0.08	0.11	0.05	0.19	0.03	-0.09	0.19	-0.09	-0.04
EC	-0.09	0.00	0.10	0.08	0.26	0.02	0.03	0.29	-0.01	0.05	0.08	-0.10	-0.20	-0.16	0.12	-0.21	0.02	-0.01
fH	-0.33	-0.16	0.11	-0.09	0.00	-0.02	-0.13	-0.12	0.08	-0.03	0.14	0.31	0.01	0.03	0.05	-0.04	0.06	-0.20
Hd	-0.04	0.19	-0.15	-0.03	-0.19	-0.04	-0.13	0.05	-0.15	-0.01	-0.07	-0.03	0.16	-0.13	-0.07	0.05	0.04	0.02
Kn	-0.05	-0.02	0.13	0.14	-0.17	-0.02	-0.08	-0.15	0.12	0.05	-0.11	-0.10	0.09	-0.17	0.17	0.10	0.11	0.06
Lc	-0.09	0.36	-0.11	0.06	-0.09	0.07	0.08	0.17	-0.10	-0.14	-0.03	-0.04	-0.07	-0.11	-0.11	0.02	-0.17	-0.36
Nt	-0.05	-0.04	-0.09	0.12	0.00	0.25	0.14	0.17	-0.15	0.13	0.08	0.00	0.07	0.18	-0.13	-0.25	0.10	-0.17
Om	-0.18	0.13	0.03	-0.13	0.06	-0.14	-0.26	0.03	-0.05	-0.17	0.27	-0.17	-0.21	0.04	0.08	0.05	0.05	0.09
Rc	-0.12	0.01	0.10	-0.04	0.02	0.18	-0.19	0.03	0.06	-0.17	0.12	0.05	-0.04	0.14	0.16	-0.19	0.11	-0.21
Sl	0.10	-0.12	0.20	0.01	0.17	0.28	-0.09	0.29	0.28	0.04	0.12	-0.27	-0.18	-0.01	0.31	-0.17	0.15	-0.19
Tm	-0.32	0.13	0.06	0.13	0.20	-0.05	-0.11	0.14	0.22	0.23	0.18	0.03	0.26	-0.10	0.11	0.07	0.27	0.06
Маргинальність, <i>p</i> -рівень	0.11	0.02	0.39	0.01	0.79	0.01	0.18	0.01	0.36	0.01	1.53	0.01	0.11	0.01	0.39	0.01	0.12	0.01
Спеціалізація, <i>p</i> -рівень	2.28	0.01	2.37	0.08	3.83	0.01	2.35	0.01	2.21	0.26	4.73	0.01	1.76	0.22	2.24	0.15	1.98	0.22

Маргинальність екологічної ніші *Ch. tridens* обумовлена переважанням агрегатів з розміром 1–2 та > 10 мм, з більшою твердістю у межах усього профілю, фізіономічних типів III та V та уникненням фізіономічного типу IV. Оптимальні умови створюються за умов збільшеного вмісту кальцію та електричної провідності ґрунту. Основні аспекти спеціалізації ніші *Ch. tridens* обумовлені режимом вологості та проективним покриттям фізіономічного типу III.

Аналіз особливостей просторового варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків викриває як спільні риси для усіх досліджених видів, так і деякі особливості. У просторовому аспекті спільні риси проявляють себе у тому, що ділянки з областями переважання мікростацій у цілому для різних видів досить значно співпадають. Відповідно, існують частини простору, які порівняно менше зайняті молюсками. Найбільш чутливими молюски як цілісне угруповання чутливі у межах дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах до агрегатного складу технозему, його твердості, кислотності, термоклімату й режиму вологості, засолення та фізіономічної структури рослинного покриву (рис. 5.22–5.24). Молюски надають перевагу мікроділянкам з більшою твердістю на глибинах 35–45 см та більшими показниками режиму термоклімату. Найчастіше молюсків можна знайти при більш щільному проективному покритті фізіономічного типу III.

В цілому молюски уникають умов підвищеної вологості ґрунту, фізіономічного типу рослинного покриву IV, а також порівняно більш високого вмісту агрегатів розміром > 0.25 –1 та 7–10 мм (рис. 5.25).

Специфіка просторової організації екологічних ніш окремих видів молюсків полягає у особливостях конфігурацій плямистостей, де формуються найбільш сприятливі умови існування певного виду та у перебігу змін їх форми у часі. Такі особливості краще можна зрозуміти з урахуванням переважних маркерів маргинальності екологічних ніш молюсків.

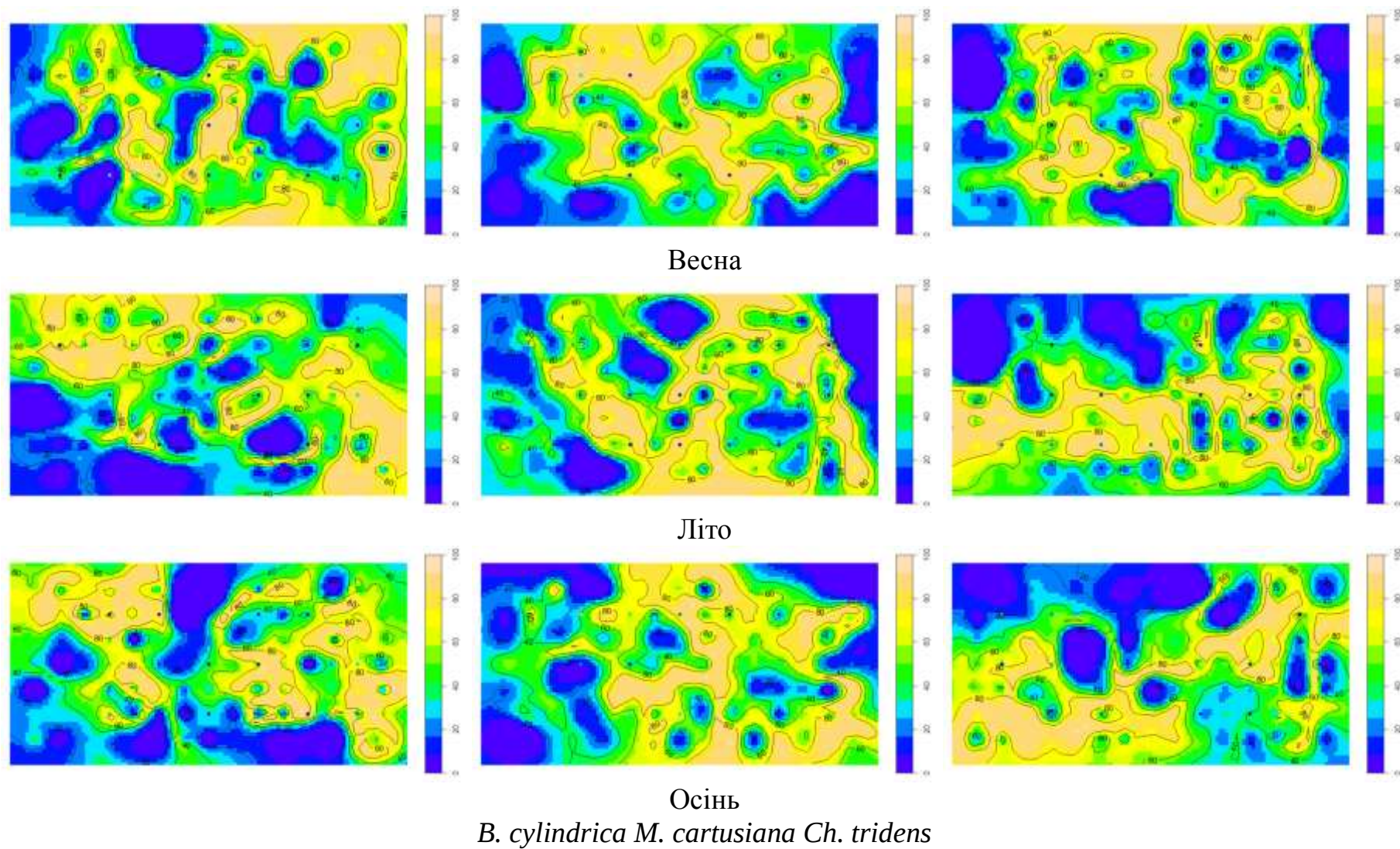


Рис. 5.22. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах в 2012 р. по сезонах

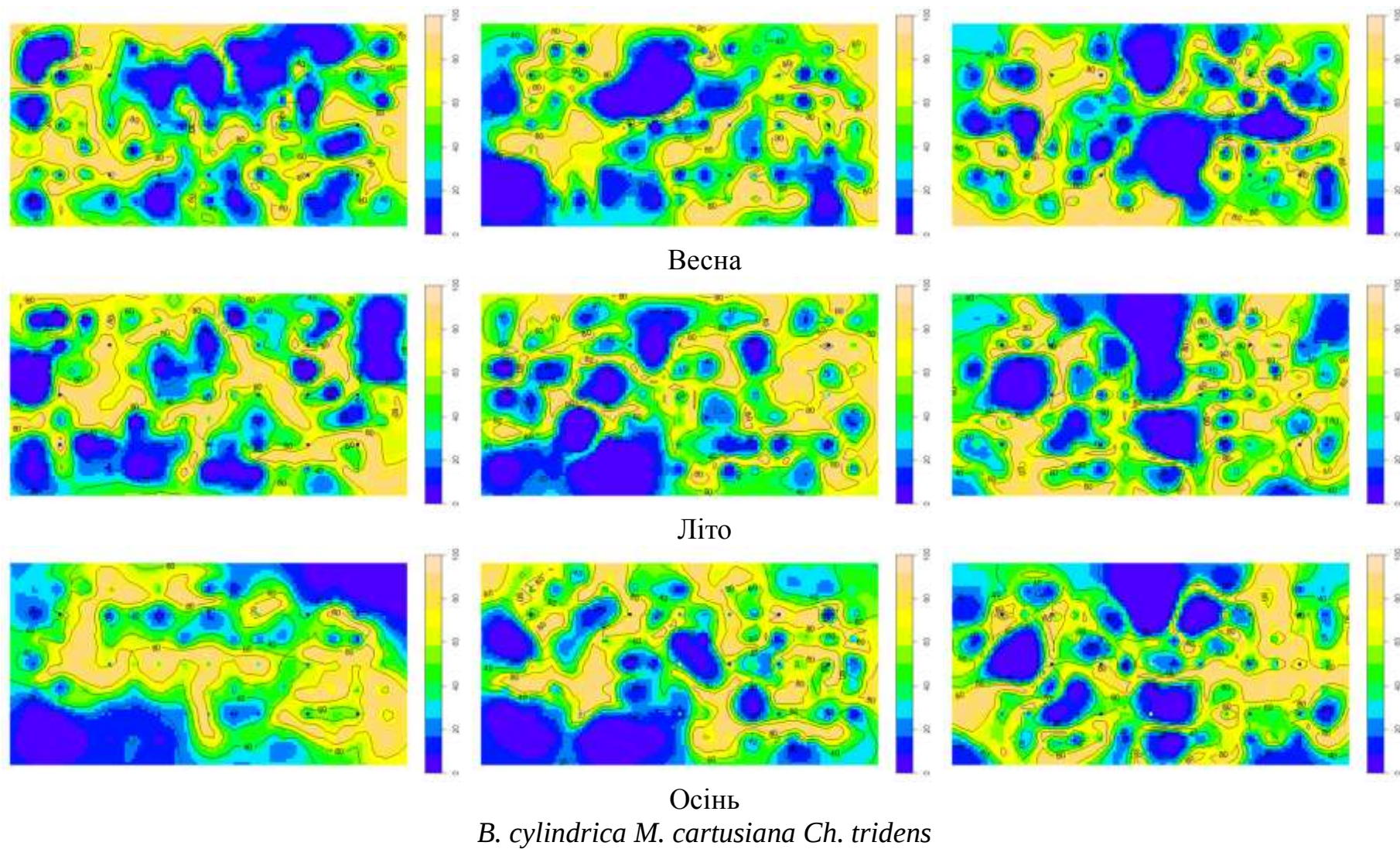


Рис. 5.23. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах в 2013 р. по сезонах

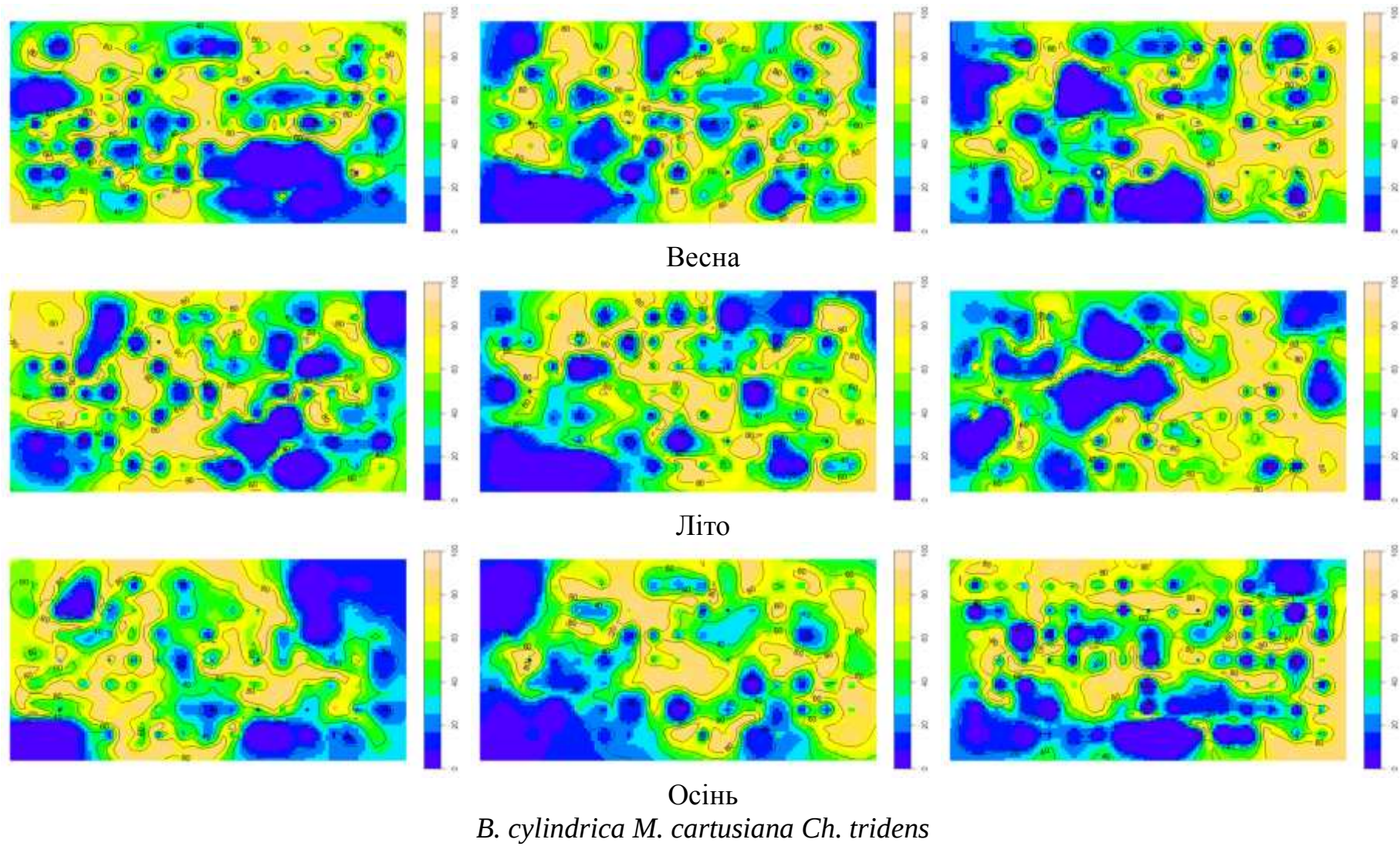


Рис. 5.24. Просторове варіювання індексу переваги місцеперебувань молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах в 2014 р. по сезонах

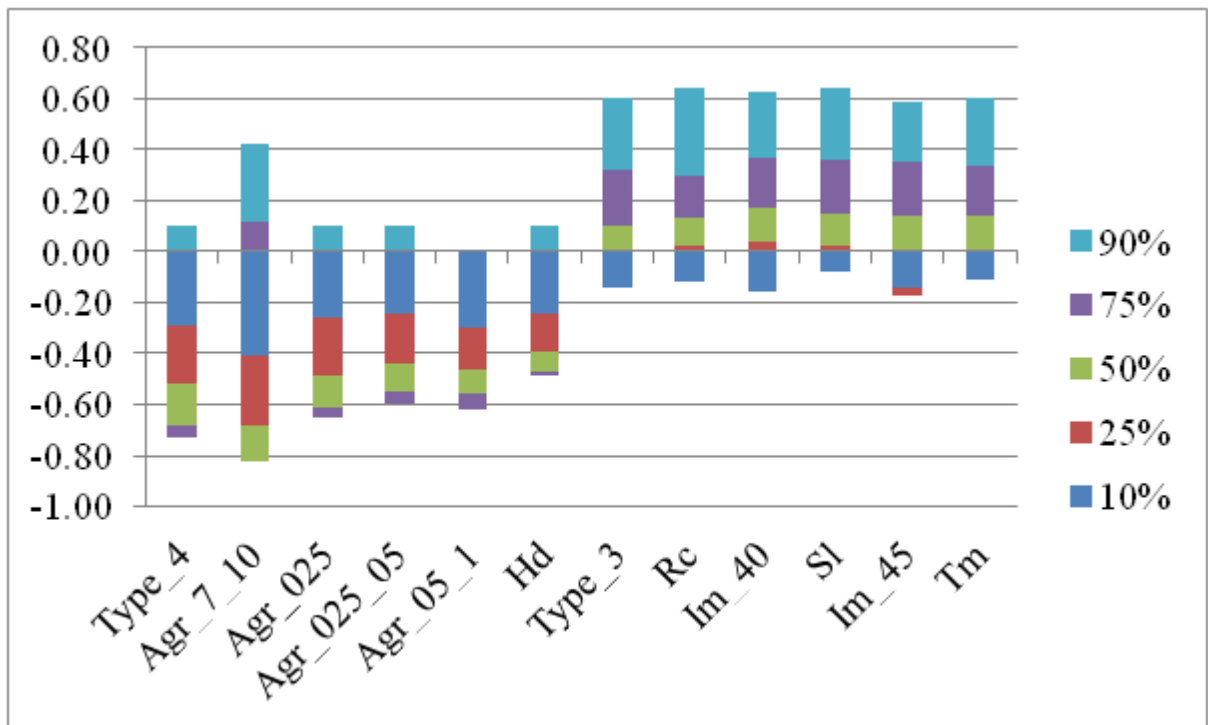


Рис. 5.25. Параметри маргинальності екологічної ніші для трьох видів молюсків у межах дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Для молюска *B. cylindrica* маргинальність екологічної ніші визначається переважно завдяки переважанню ними мікроділянок з більш високими показниками кріорежиму, з більшим засоленням ґрунту та вмістом карбонатів (рис. 5.26). Найчастіше більший вміст у ґрунті агрегатів розміром 2–5 мм та більша чисельність молюсків *B. cylindrica* співпадають. Особини цього виду уникають фізіономічного типу V, ділянок з більшою твердістю на глибині 5–10 см. Агрегати розміром > 0.25 та 0.5–2 і 7–10 мм позначають ділянки з порівняно несприятливими умовами існування *B. cylindrica*.

Найбільш суттєві особливості екологічної ніші молюска *M. cartusiana* полягають у преференції ним мікроділянок з більшим вмістом агрегатних фракцій > 10 мм, більшою твердістю ґрунту на глибинах 35–45 см, більшим терморежимом та засоленням (рис. 5.27). Молюска *M. cartusiana* надає перевагу фізіономічному типу рослинності III. Найчастіше несприятливі умови для *M. cartusiana* формуються при переважанні проективного покриття фізіономічного

типу II та IV. Ділянки з більшим вмістом агрегатів >0.25 –1 та 7–10 мм як правило відрізняються меншою чисельністю *M. cartusiana*.

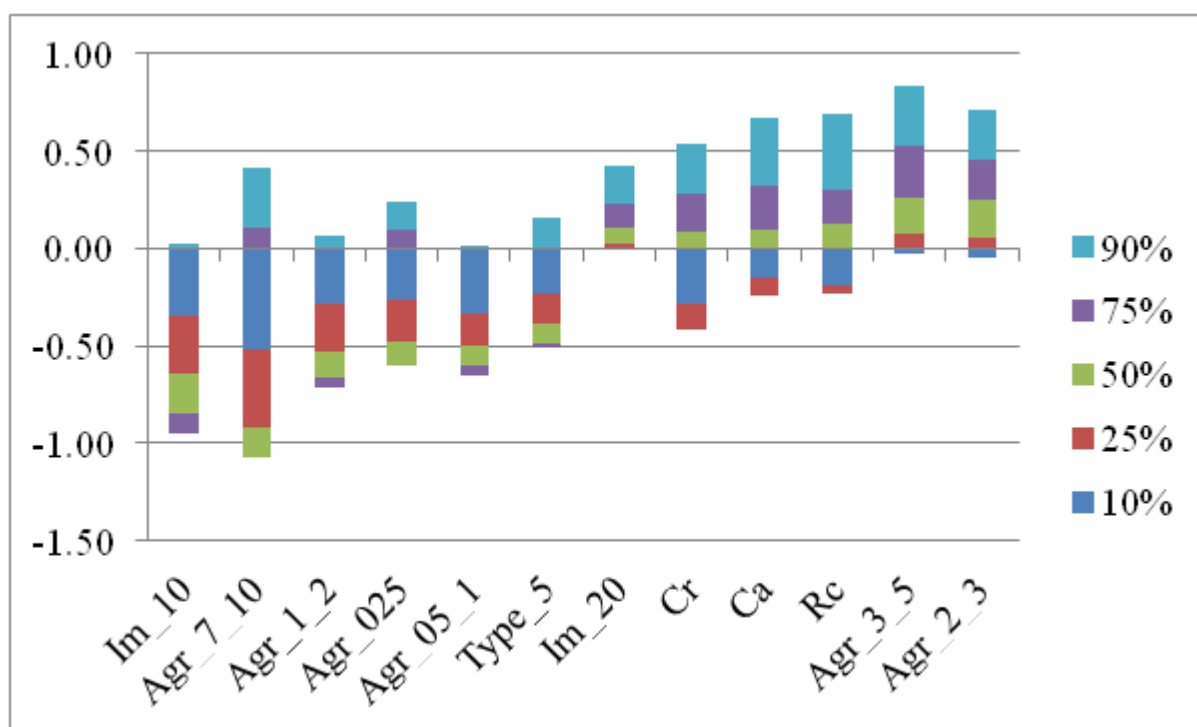


Рис. 5.26. Параметри маргинальності екологічної ніші для *B. cylindrica* у межах дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками)

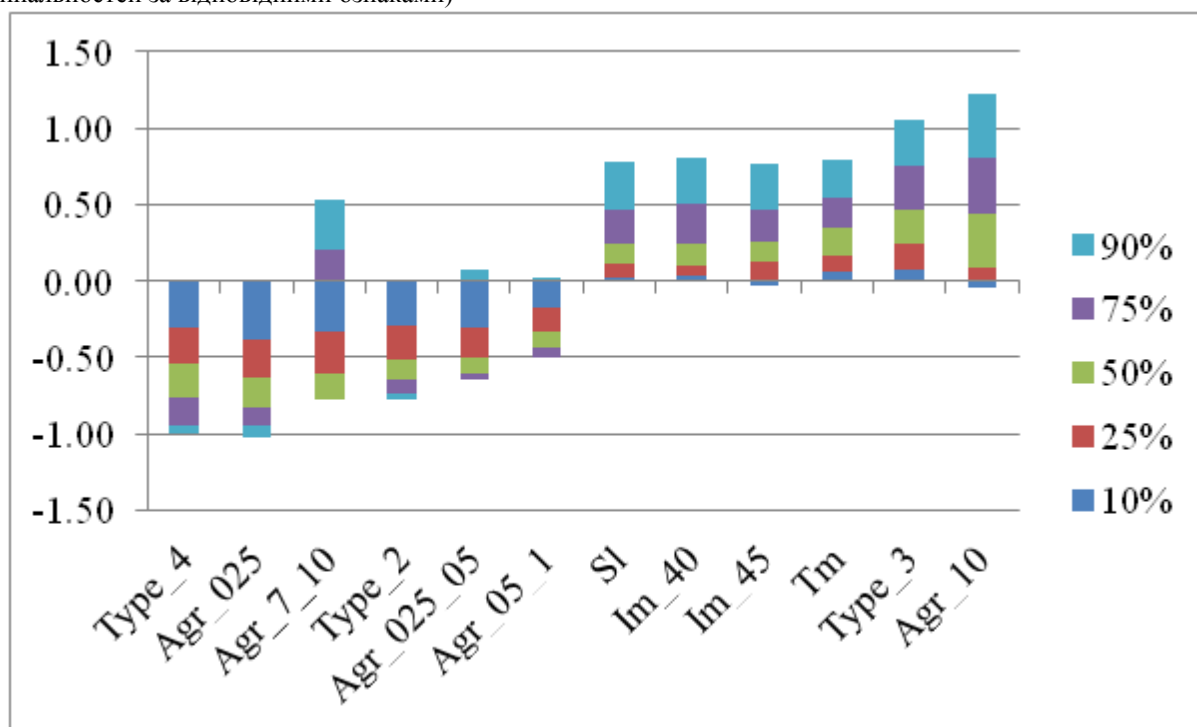


Рис. 5.27. Параметри маргинальності екологічної ніші для *M. cartusiana* у межах дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Одержані результати за весь період досліджень дозволяють стверджувати, що у межах біогеоценозу на дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах молюски *Ch. tridens* надають перевагу фізіономічному типу рослинності V (рис. 5.28). Сприятливі умови для виду маркуються більшими показниками засолення та термоклімату. Більшу твердість ґрунту на глибинах 0–10 та 40–45 см можна розглядати як показник сприятливих умов для *Ch. tridens*. Обмежує поширення виду такий фактор, як більша вологість ґрунту. Фізіономічний тип IV є найменш привабливим для молюсків *Ch. tridens*. Слід відзначити, що більший вміст малих за розміром агрегатів (0.25–0.5 мм) маркує несприятливі умови для *Ch. tridens*.

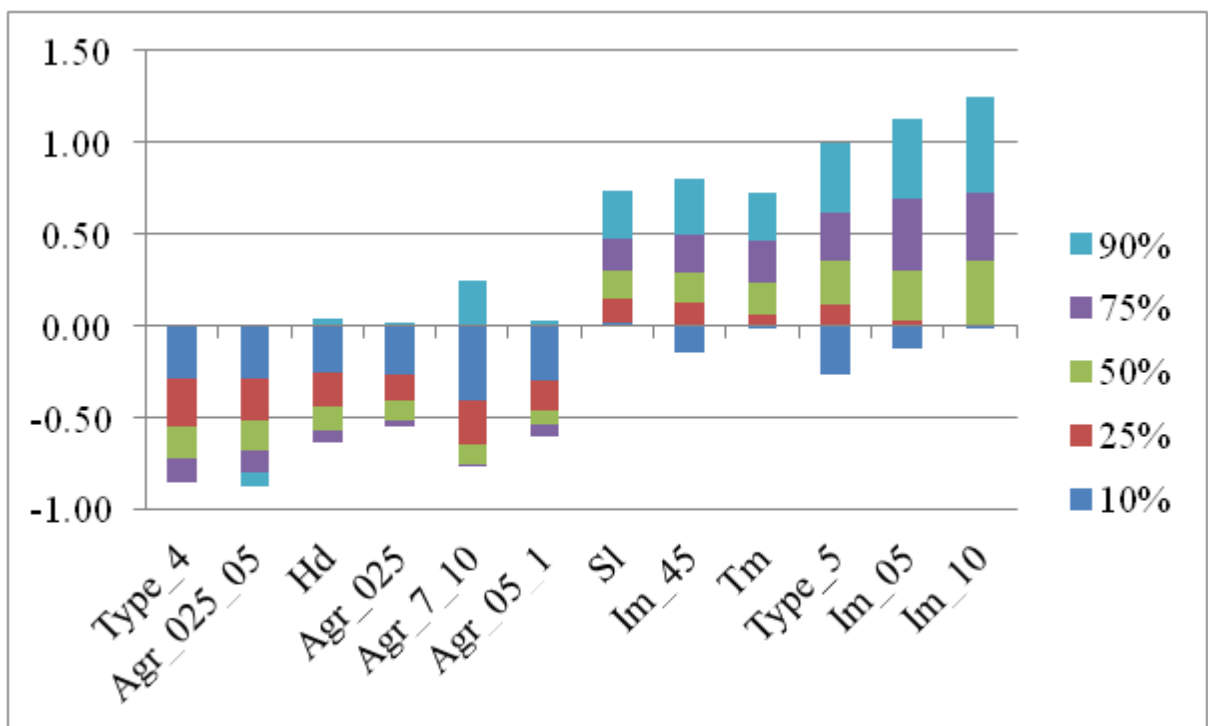


Рис. 5.28. Параметри маргинальності екологічної ніші для *Ch. tridens* у межах дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах.

Представлені найбільші та найменші маркери маргинальності; на рисунку показані персентилі варіювання маргинальностей за відповідними ознаками.

Одержані результати моделювання властивостей екологічних ніш наземних молюсків у біогеоценозі на дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурій глині свідчать про найважливішу роль агрегатної структури в формуванні просторових патернів популяцій цих тварин. Рослинний покрив моделює екологічні режими ґрунту, впливає на просторовий розподіл ґрунтових властивостей, внаслідок чого виникає інформаційна здатність деяких ґрунтових властивостей пояснити

просторовий розподіл молюсків. Фізіономічний вигляд рослинного покриву є досить інформаційно цінним показником, який здатний пояснити суттєві аспекти екологічних ніш наземних молюсків. Зв'язок молюсків саме з фізіономічним аспектом рослинності вказує на пріоритет варіювання екологічних режимів у встановленні вказаного зв'язку, так як фізіономічні типи тільки умовно чутливі до таксономічного складу угруповання.

Тотальний показник проективного покриття рослинного покриву може бути більш детально представлений за допомогою фізіономічних типів. Фізіономічні типи чутливі більшою мірою до спектральних особливостей листової поверхні рослинних організмів та архітекτονіки їх надземних органів. Вказані властивості мають безумовно екологічну складову. Тому ми можемо заключити, що з одного боку, висока чисельність молюсків, а з іншого – регулюючий вплив саме фізіономічних типів рослинного покриву, вказує на переважну роль пертинентного впливу рослинного покриву в формуванні просторових патернів наземних молюсків. Альтернативна гіпотеза, яка полягає у переважній значимості таксономічного аспекту структури рослинного покриву, може бути визнана як маловірогідною.

5.5. Порівняльна оцінка особливостей екологічних ніш наземних молюсків у різних типах техноземів

Одержані результати за роки досліджень по вивченим типам техноземів дозволяють створити певне уявлення про особливості екологічних ніш наземних молюсків як сукупності чинників навколишнього середовища, які визначають особливості просторового розміщення тварин та, відповідно, особливостей освоєння екологічного простору біогеоценозів, сформованих на основі штучних ґрунтоподібних утворень. Електрична провідність ґрунту на рівні окремих періодів для окремих видів може виступати як інформативний маркер просторового розміщення молюсків, але якщо розглядати з боку регулярної повторюваності у якості ідентифікатора екологічної ніші, то така роль цього

показника встановлена тільки для молюска *M. cartusiana* в умовах дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках (табл. 5.13).

Таблиця 5.13

Едафічні маркери екологічної ніші молюсків в різних технозомах
(2012–2014 рр.)

Предиктор	<i>B. cylindrica</i>				<i>Ch. tridens</i>				<i>M. cartusiana</i>			
	GG	LL	PZ	RB	GG	LL	PZ	RB	GG	LL	PZ	RB
Електрична провідність, дСм/м												
EC										↓		
Агрегатна структура, розмір агрегатів, в %												
> 0.25 мм		↑		↓					↓		↓	↓
0.25–0.5 мм								↓	↓	↓		↓
0.5–1 мм			↓	↓			↑	↓				
1–2 мм	↑		↓	↓	↓	↑				↑	↑	
2–3 мм			↓	↑	↓	↑				↑		
3–5 мм			↑	↑			↓					
5–7 мм		↑	↑		↑		↓				↓	
7–10 мм		↑		↓						↑	↓	
< 10 мм	↓	↓	↑									↑
Твердість ґрунту на глибині, в МПа												
0–5 см		↑			↓			↑		↑		
5–10 см		↑		↓	↓			↑		↑		
10–15 см		↑		↓	↓			↑		↑		
15–20 см			↑						↓	↑		
20–25 см				↑	↓			↑		↑	↑	
25–30 см							↑		↓	↑		
30–35 см							↑					↑
35–40 см					↓		↑					↑
40–45 см							↑	↑			↑	↑
45–50 см							↑					

Умовні позначки: ↑ – маргинальність екологічної ніші за цією ознакою перевищує середнє квадратичне відхилення серед маргинальностей за усіма ознаками; ↓ – аналогічно менше середнього квадратичного відхилення; GG – дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах; LL – на лесоподібних суглинках; RB – на червоно-бурих глинах; PZ – педоземи

У даному випадку вид негативно реагує на підвищені показники електричної провідності. Вірогідно, електрична провідність – це синтетичний показник, який чутливого реагує на варіації різноманітних ґрунтових властивостей (вологість, вміст розчинних солей у ґрунтовому розчині, агрегатна структура та ін.). Тому на рівні окремого типу технозему та у межах певного часового відрізка мінливість електричної провідності може бути асоційована з

певною властивістю ґрунту, яка є визначною для формування екологічних режимів, на які реагують молюски. В інші часові періоди превалюючим джерелом мінливості електричної провідності може бути інша властивість та, наприклад, формальної залежності чисельності виду від електричної провідності, може змінюватися. Така різнонаправленість зв'язку призводить до того, що у середньому за досліджений період тільки для одного типу ґрунту та одного виду встановлена регулярна залежність чисельності від електричної провідності. Таким чином, складна природа варіювання електричної провідності дозволяє відвести цьому показнику роль визначеного у часі локального маркера екологічної ніші наземних молюсків.

З іншого боку, невизначеність як інформаційного маркера компенсується легкістю вимірювання та, таким чином, можливістю одержувати за короткий відрізок часу значний об'єм вимірювань, що особливо важливо для вирішення завдань відображення просторової мінливості екологічних властивостей. Слід також відзначити, що природу варіювання електричної провідності ґрунту в локальних умовах можна уточнити за допомогою кореляційних зв'язків цього показника з іншими вимірюваними властивостями екологічних режимів. Такий підхід дозволив показати, що в конкретних умовах інформаційна роль електричної провідності обумовлена варіабельністю режиму вологості, змінності режиму вологості, особливостями мінерального живлення та вмістом поживних речовин. Така деталізація одержана за рахунок фітоіндикаційних оцінок екологічних режимів. Такі оцінки є екологічно релевантними, але для їх одержання є певні методичні обмеження. Кількість видів у геоботанічному описі чітко детермінує обґрунтованість кількісної оцінки екологічного режиму на основі фітоіндикації. У свою чергу збільшення площі опису приводить до збільшення кількості видів у цьому описі. Інакше кажучи, існує найменша площа, менше якої неможливо статистично вірогідно встановити значення екологічних режимів фітоіндикаційними методами. Такого обмеження немає для інструментального вимірювання електричної провідності, але є інший недолік – не чітка інтерпретація цього показника. Тому поєднання як екологічно-

релевантного джерела інформації про екологічні умови та методично довершеного засобу вимірювання дозволяють одержати спосіб відтворити просторові особливості варіювання екологічних режимів. Ця обставина також підтверджується тим, що практично в усіх випадках електрична провідність характеризується високим рівнем просторової залежності за результатами геостатистичного варіювання.

Агрегатна структура ґрунту є потужним джерелом інформації про екологічні умови, які визначають особливості екологічної ніші наземних молюсків рекультоземів. Найбільш чутливими до агрегатної структури є молюски виду *B. cylindrica* (18 значимих маркерів екологічної ніші), дещо менш чутливими є *M. cartusiana* (13 маркерів) і найменш чутливими є *Ch. tridens* (10 маркерів). Найбільш чутливі молюски до агрегатної структури педоземів, а найменш чутливі – до агрегатної структури дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зеленій глині (ранжування за рівнем значимості агрегатної структури: $PZ > RB > LL > GG$). У переважній кількості випадків молюски негативно реагують на збільшення вмісту в техноземах мілких агрегатних фракцій (розміром до 1 мм). Молюск *M. cartusiana* більш чутливий до негативного впливу фракцій розміром до 0.5 мм, молюск *Ch. tridens* – до негативного впливу фракцій 0.5–1 мм, а *B. cylindrica* – до негативного впливу всього вказаного діапазону малих за розміром фракцій. Середні за розміром фракції як правило позитивно впливають на чисельність молюсків. Слід відзначити, що розміри агрегатів техноземів не є монотонною функцією певного ґрунотвірного або екологічного процесу. Деякі процеси утворення агрегатів можуть приводити до синхронного збільшення агрегатів різного розміру. Наприклад, макроагрегати можуть фізично розпадатися на агрегати з переважним розміром > 0.25 мм та (або) розміром 2–5 мм. У такому випадку ми статистично будемо спостерігати зворотні кореляції вмісту макроагрегатів з іншими та позитивну кореляцію між фракціями > 0.25 мм та 2 – 5мм відповідно. Але ці процеси можуть мати різний екологічний відгук. Це викликає певну складність у пошуку екологічного оптимуму агрегатної структури як композитної змінної по відношенню до екологічної ніші молюсків. Хоч у

деяких випадках такий оптимум можна встановити. Наприклад, для *B. cylindrica* оптимальні умови в педоземах будуть при переважанні агрегатів розміром 2–3 та 3–5 мм (різноспрямовані стрілки зустрічаються саме у цьому діапазоні). Для цього виду в техноземах на червоно-бурих глинах оптимум буде на межі агрегатів розміром 1–2 та 2–3 мм. Для техноземів на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках сприятливі умови для *B. cylindrica* формуються при зменшенні вмісту макроагрегатів. Оптимальні режими за іншими агрегатними фракціями встановити важко.

Для *Ch. tridens* оптимальні умови в техноземах на сіро-зелених глинах формуються при збільшеному вмісту агрегатів розміром 3–5 мм, на лесоподібних суглинках – розміром менше 1–2 мм, в педоземах – з розмірами більше 5–7 мм, на червоно-бурих глинах – більше 1 мм. Для *M. cartusiana* оптимальні умови в техноземах на сіро-зелених глинах формуються при збільшеному вмісту агрегатів розміром більше 0.5 мм, на лесоподібних суглинках – розміром 0.5–1 мм, в педоземах – з розмірами 0.25–1 мм, на червоно-бурих глинах – більше 1 мм.

До варіабельності твердості ґрунту найбільш чутливі молюски *Ch. tridens* (15 значимих маркерів екологічної ніші), дещо менш чутливі – *M. cartusiana* (13 значимих маркерів) та найменш чутливі – *B. cylindrica* (7 маркерів). Найбільше значення для визначення екологічної ніші молюсків має твердість дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах, а найменше – для техноземів на сіро-зеленій глині (ранжування за рівнем значимості твердості ґрунту: $RB > LL > PZ > GG$). Але роль твердості ґрунту досить видоспецифічна. Так, молюск *B. cylindrica* не чутливий до варіабельності твердості техноземів на сіро-зелених глинах, але вкрай чутливий до твердості інших типів техноземів до глибини 20–25 см. У свою чергу *Ch. tridens* не чутливий до твердості техноземів на лесоподібних суглинках, але чутливий до варіабельності твердості техноземів на сіро-зелених та на червоно-бурих глинах до глибини 20–25 см та до твердості педоземів від 25–30 до 50 см. Молюск *M. cartusiana* реагує на твердість усіх типів техноземів, але найбільш чутливий до твердості дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках.

Фізіономічні типи рослинного покриву є інформаційно цінними предикторами властивостей екологічної ніші наземних молюсків біогеоценозів, сформованих на техноземах (табл. 5.14). Найбільшою мірою фізіономічна структура рослинного покриву визначає особливості екологічної ніші *M. cartusiana* (12 значимих маркерів екологічної ніші), трохи менше – *Ch. tridens* (10 маркерів) та найменш чутливий до структури рослинного покриву *B. cylindrica* (9 маркерів). Загалом, як бачимо, роль рослинного покриву співрозмірно важлива для усіх досліджених видів наземних молюсків.

Таблиця 5.14

Рослинні маркери екологічної ніші молюсків в різних техноземах
(2012–2014 рр.)

Предиктор	<i>B. cylindrica</i>				<i>Ch. tridens</i>				<i>M. cartusiana</i>			
	GG	LL	PZ	RB	GG	LL	PZ	RB	GG	LL	PZ	RB
Фізіономічні типи												
Тип I	↑			↑	↑				↑			↑
Тип II	↑	↓	↓			↑					↓	↓
Тип III					↑	↓	↑		↑		↑	↑
Тип IV	↑					↑		↓				↓
Тип V	↓			↓	↓				↓	↓		
Тип VI	↓				↓		↓		↓		↓	
Фітоіндикаційні оцінки екологічних факторів												
Ae												
Ca		↑	↓									
Cr		↓	↓				↑				↑	
fH	↓						↓				↓	
Hd			↓				↑	↓	↓		↑	
Kn											↓	↑
Lc			↑						↑	↑		
Nt	↑								↑			
Om	↓			↓	↓			↑				
Rc		↓	↓	↑		↓		↑	↑	↓		↑
Sl			↑					↑				↑
Tm						↑		↑		↑		↑

Умовні позначки: ↑ – маргинальність екологічної ніші за цією ознакою перевищує середнє квадратичне відхилення серед маргинальностей за усіма ознаками; ↓ – аналогічно менше середнього квадратичного відхилення; GG – дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах; LL – на лесоподібних суглинках; RB – на червоно-бурих глинах; PZ – педоземи

Слід відзначити, що суттєво вища роль у визначенні просторового варіювання популяцій молюсків для дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених

глинах, для яких встановлено 13 фізіономічних маркерів екологічних ніш молюсків. Для інших техноземів таких маркерів усього 5–6. Таким чином, за важливістю фізіономічної структури рослинного покриву для наземних молюсків можна встановити такий ряд: $GG > RB = PZ > LL$. Фізіономічний тип I найчастіше формує сприятливі умови для наземних молюсків. Це вказує на те, що збільшення проективного покриття індикаторної групи типу I – злаків – сприяє, як правило, збільшенню чисельності молюсків. У свою чергу, відкрита поверхня ґрунту та мертвий покрив є негативними чинниками, що негативно впливають на наземних молюсків. Цей результат можна перефразувати, що збільшення загалом живого рослинного покриву сприяє розвитку чисельності угруповання молюсків. Інші фізіономічні типи рослинності (II–IV) впливають на наземних молюсків контекстно-залежно: у деяких випадках сприяють збільшенню чисельності, у деяких, навпаки, гальмують. При чому ця різнонаправленість проявляє себе як на міжвидовому рівні, так і на видовому рівні в контексті різних типів техноземів.

Рослинність у аспекті фітоіндикаційних оцінок середовища також є інформативним предиктором екологічних ніш наземних молюсків техноземів. Найбільш чутливими до екологічних режимів, встановлених за фітоіндикацією, є *M. cartusiana* (15 значимих маркерів екологічної ніші). Цьому виду дещо поступається *B. cylindrica* (14 маркерів) та найменш чутливий молюск – *Ch. tridens* (11 маркерів). Найбільшою мірою молюски чутливі до екологічних режимів, які встановлюються на основі фітоіндикації, в педоземах, трохи менш чутливі – в техноземах на червоно-бурих глинах, та найменш чутливі – в техноземах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках ($PZ > RB > GG = LL$).

Вцілому за період досліджень молюски не чутливі до режиму аерації техноземів, що з урахуванням їх високої чисельності вказує на оптимальність умов існування за цим показником. До вмісту карбонатів чутливі тільки *B. cylindrica*, але характер впливу цього фактора різнонаправлений: позитивний в техноземах на лесоподібних суглинках та негативний в педоземах. Збільшення показників кріоклімату вказує на тенденцію зменшення чисельності популяції

B. cylindrica, у той час як для інших молюсків угруповання відбувається збільшення чисельності. Змінність режиму вологості негативно впливає на молюсків, у той час як сама вологість едафотопу здійснює позитивний вплив. Режим кислотності дуже часто впливає на молюсків, але характер цього впливу залежить від типу техноземів. Так, збільшення кислотності техноземів на лесоподібних суглинках та в педоземах негативно впливає на молюсків, а в техноземах на червоно-бурих глинах та меншою мірою – на сіро-зелених глинах, навпаки, сприяє збільшенню чисельності молюсків. Рівень мінералізації та термоклімат сприяють збільшенню чисельності молюсків.

Висновки по розділу

1. Електрична провідність ґрунту виступає як інформативний маркер просторового розміщення молюсків. В конкретних умовах інформаційна роль електричної провідності обумовлена варіабельністю режиму вологості, змінності режиму вологості, особливостями мінерального живлення та вмістом поживних речовин.
2. Агрегатна структура ґрунту є потужним джерелом інформації про екологічні умови, які визначають особливості екологічної ніші наземних молюсків рекультоземів. Найбільш чутливими до агрегатної структури є молюски виду *B. cylindrica*, дещо менш чутливими є *M. cartusiana* і найменш чутливими є *Ch. tridens*. Найбільш чутливі молюски до агрегатної структури педоземів, а найменш чутливі – до агрегатної структури дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зеленій глині. У переважній кількості випадків молюски негативно реагують на збільшення вмісту в техноземах мілких агрегатних фракцій (розміром до 1 мм).
3. До варіабельності твердості ґрунту найбільш чутливі молюски *Ch. tridens*, дещо менш чутливі – *M. cartusiana*, та найменш чутливі – *B. cylindrica*. Найбільше значення для визначення екологічної ніші молюсків має твердість дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах, а найменше – для техноземів на сіро-зеленій глині. Роль твердості ґрунту досить видоспецифічна.

4. Фізіономічні типи рослинного покриву є інформаційно цінними предикторами властивостей екологічної ніші наземних молюсків біогеоценозів, сформованих на техноземах. Найбільшою мірою фізіономічна структура рослинного покриву визначає особливості екологічної ніші *M. cartusiana*, трохи менше – *Ch. tridens* та найменш чутливий до структури рослинного покриву *B. cylindrica*. Збільшення проєктивного покриття злаків сприяє збільшенню чисельності молюсків. Відкрита поверхня ґрунту та мертвий покрив є негативними чинниками, що негативно впливають на наземних молюсків.

5. Найбільш чутливими до екологічних режимів, встановлених за фітоіндикацією, є *M. cartusiana*. Цьому виду дещо поступається *B. cylindrica* та найменш чутливий молюск *Ch. tridens*. Найбільшою мірою молюски чутливі до екологічних режимів, які встановлюються на основі фітоіндикації, в педоземах, трохи менш чутливі – в техноземах на червоно-бурих глинах, та найменш чутливі – в техноземах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках. Змінність режиму вологості негативно впливає на молюсків, у той час як сама вологість едафотопу здійснює позитивний вплив. Рівень мінералізації та термоклімат сприяють збільшенню чисельності молюсків.

ВИСНОВКИ

1. Сукупність властивостей едафотопу та рослинного покриву, представлених кількісними оцінками фізіономічних типів, фітоіндикаційних шкал, електропровідності, агрегатного складу та твердості ґрунту, формують інформаційно цінний перелік екогеографічних предикторів, здатних пояснити особливості екологічної ніші видів наземних молюсків у різних типах техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну.
2. У межах техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну була встановлена наявність чотирьох видів наземних молюсків: *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828), *Monacha cartusiana* (O. F. Muller, 1774), *Chondrula tridens* (O. F. Muller, 1774), *Helix lucorum* (Linnaeus, 1758). Оптимальні умови для наземних молюсків формуються у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках.
3. Статистичні моделі, які найкраще описують розподіли чисельності молюсків, є специфічними для окремих видів та інваріантними в часі. Для чисельних молюсків *Brephulopsis cylindrica* та *Monacha cartusiana* найкращими є логнормальна модель та модель Ципфа-Мандельброта. Для менш чисельного виду *Chondrula tridens* найкращою є модель Ципфа, та меншою мірою – модель Ципфа-Мандельброта. Розподіл чисельності представників рідкісного виду *Helix lucorum* найчастіше описується моделями поламаного стрижня або Мотомури.
4. Для кожного типу техноземів характерний специфічний спектр моделей, які найкраще описують розподіл чисельності популяцій молюсків. Логнормальна модель найчастіше є ефективною для опису населення молюсків на червоно-бурій глині та на педоземі, модель Ципфа-Мандельброта найкраща для лесоподібних суглинків та сіро-зелених глин, модель зламаного стрижня найчастіше придатна для опису популяцій молюсків на лесоподібних суглинках. Модель Мотомури ефективна також для лесоподібних суглинків та сіро-зелених глин, а модель Ципфа – для лесоподібних суглинків та педоземів.
5. Наземні молюски техноземів формують стійкі угруповання. Найбільшим рівнем стійкості характеризуються угруповання на лесоподібних суглинках, а

найменш стійкі – на сіро-зелених глинах та педоземах. Найстійкіші угруповання молюсків у весняно-літній період, а найменш стійкі – у літньо-осінній період. Фактором стійкості є конкурентні відносини видів, центром яких найчастіше виступає домінуючий *B. cylindrica*.

6. Роль електричної провідності ґрунту як предиктора екологічної ніші наземних молюсків обумовлена режимом вологості, рівнем мінерального живлення та вмістом поживних речовин. Найчутливішими до агрегатної структури техноземів є молюски *B. cylindrica*, менш чутливими – *M. cartusiana*, а найменш чутливими – *Ch. tridens*. Молюски негативно реагують на збільшення вмісту в техноземах мілких агрегатних фракцій (розміром до 1 мм). До варіабельності твердості ґрунту найчутливіші молюски *Ch. tridens*, менш чутливі – *M. cartusiana*, та найменш чутливі – *B. cylindrica*.

7. Фізіономічні типи рослинного покриву є інформаційно цінними предикторами екологічної ніші наземних молюсків біогеоценозів, сформованих на техноземах. Найбільше фізіономічна структура рослинного покриву визначає особливості екологічної ніші *M. cartusiana*, менше – *Ch. tridens* та найменш чутливим є *B. cylindrica*. Збільшення проективного покриття злаків сприяє зростанню чисельності молюсків, а відкрита поверхня ґрунту та мертвий рослинний покрив негативно впливають на чисельність наземних молюсків.

8. Найчутливішими до екологічних режимів, встановлених за фітоіндикацією, є *M. cartusiana*. Цьому виду поступається *B. cylindrica*. Найменш чутливим є молюск *Ch. tridens*. Молюски найчутливіші до екологічних режимів, які встановлюються на основі фітоіндикації, у педоземах, менш чутливі – у техноземах на червоно-бурих глинах, та найменш чутливі – у техноземах на сіро-зелених глинах та на лесоподібних суглинках. Змінність режиму вологості негативно впливає на молюсків, тимчасом як сама вологість едафотопу здійснює позитивний вплив. Рівень мінералізації та термоклімат сприяють збільшенню чисельності молюсків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андроханов В. А., Куляпина Е. Д., Курачев, В. М. (2004). Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск. Изд-во СО РАН, 151 с.
2. Андрусевич Е. В., Жуков А. В., Задорожная Г. А., Осадчук О. Н. (2012). Количественная оценка цветовых свойств дерново–литогенных почв на красно–бурых глинах участка рекультивации Никопольского марганцеворудного бассейна. Сучасні проблеми біології, екології та хімії: Збірка матеріалів III Міжнародної конференції. – Запоріжжя: Сору Art., 378–379.
3. Андрусевич К. (2014). Різноманіття тваринного населення (мезофауна) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна, 65, 273–287.
4. Андрусевич К. В. (2014). Экологическое пространство животного населения дерново–литогенных почв на красно–бурых глинах. Грунтознавство, 15(1–2), 120–134.
5. Бекаревич Н. Е. (1971). Породы надрудной толщи и их агробиологическая оценка. О рекультивации земель в степи Украины. Днепропетровск: Промінь, 20–37.
6. Бекаревич Н. Е., Масюк Н.Т. (1976). Рациональное использование насыпного слоя почвы на участках рекультивации в черноземной зоне. Освоение нарушенных земель. М.: Наука, 112–150.
7. Бельгард А. Л., Травлеев А. П. (1980). Роль почвенной фауны в индикации эдафотопов. Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. М.: Изд-во МГУ., 155–163.
8. Бондарь Г. А., Жуков А. В. (2011). Экологическая структура растительного покрова, сформированного в результате самозаращения дерново–литогенных почв на лессовидных суглинках. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, 1, 54–62.

9. Бусленко Л. В., Іванців В. В. (2012). Вплив гранулометричного складу ґрунтів західного Волино–Поділля на хорологію люмбрицид (*Oligochaeta: Lumbricidae*). Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія, 4 (53), 59–65.
10. Бусленко Л. В., Щепна Л. В. (2014). Сукцесійні процеси люмбрицид (*Oligochaeta, Lumbricidae*) в агроценозах Волинської височини. Природа Західного Полісся та прилеглих територій, 11, 248–251.
11. Волох П. В., Трухов О. В. (1987). Агрегатный состав насыпного плодородного слоя почвы и вскрышных пород при рекультивации. Рекультивация земель: Сб. науч. Тр. ДСХИ. Днепропетровск, 54–61.
12. Волох П. В., Узбек І. Х. (2010). Сучасний ґрунтогенез на рекультивованих літоземах зони степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 1, 39–47.
13. Гаджиев И. М., Курачев В. М. (1982). Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 6-15.
14. Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В. (2004). Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Под редакцией академика РАН Г. В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 268 с.
15. Гиляров М. С., Перель Т. С. (1974). Изучение беспозвоночных животных как компонента биогеоценоза. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 146–168.
16. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. (2012). Экология почв. Учение об экологических функциях почв. М.: Издательство: МГУ, 413 с.
17. Докучаев В. В. (1936). Русский чернозем. М.–Л., 440 с.
18. Єстеревська Л. В., Момот Г. Ф., Лехцієр Л. В. (2008). Рекультивовані ґрунти: підходи до класифікації та систематики. Ґрунтознавство, 9 (3–4), 147–150.
19. Жуков А. В. Байесовский подход для оценки гетерогенизации пространственного распределения почвенных свойств / А. В. Жуков, Е. В.

Андрусевич, А. Ю. Покуса, Е. В. Лапко // *Acta Biologica Sibirica*. – 2015. – № 3–4. – С. 76–91.

20. Жуков А. В. Пространственная изменчивость твердости педоземов / А. В. Жуков, Г. А. Задорожная, А. А. Демидов // *Агрохімія та ґрунтознавство*. – 2014, вип. 81. – 28–34.

21. Жуков А. В. (1998). Биоморфический анализ животного населения в диагностике почв. Придніпровський наук. вісн. Біологія, сільське господарство та ветеринарія. 113 (180), 114–120.

22. Жуков О. В., Масликова К. П., Коваленко Д. В. (2018). Динаміка регуляторних екосистемних сервісів протягом техногенного ґрунтогенезу в техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Наукові доповіді НУБІП України. 6 (76). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12266>

23. Забалуєв В. А. (2010). Формирование агроэкосистем рекультивированных земель в Степи Украины: эдафическое обоснование. К., 261 с.

24. Зверковский В. Н., Тупика Н. П. (2003). Биоэкологическое обоснование лесной рекультивации нарушенных земель. Биологическая рекультивация нарушенных земель: Матер. Междунар. совещ. Екатеринбург: УрО РАН, 112–124.

25. Зверковский В. М. (2010). Вплив меліорацій на ефективність освоєння порушених земель. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, 2, 20–25.

26. Комаров О. С. (2012). Використання функціонально-розмірних моделей для відображення угруповань підстилкових безхребетних. Питання біоіндикації та екології. 17 (1), 198–207.

27. Концепція рекультивації земель, порушених за відкритого та підземного видобутку корисних копалин [Балюк С. А., Єстеревська Л. В., Травлєєв А. П. та ін.]. – Харків, 2012. – 46 с.

28. Крамаренко С. С., Жуков А. В. (2014). Фрактальный анализ пространственной структуры популяций наземных моллюсков. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. № 1 (33), 32–41.

29. Лактионов Н. И. (1971). Почвоведение с основами геологии. Харьков, 1, 165 с.
30. Лихарев И. М., Раммельмейер Е. С. (1952). Наземные моллюски фауны СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР, 600 с.
31. Лядська І. В., Маслікова К. П., Жуков О. В. (2018). Методичні підходи для оцінки вологості стійкого в'янення рослин у педоземах. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія. 286, 223–226.
32. Маслікова К. П. (2017). Екологічна структура рослинного покриву техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 4 (46). С. 77–88.
33. Маслікова К. П., Жуков О. В., Коваленко Д. В. (2019). Динаміка вмісту карбонатів та засвоюваних форм азоту протягом техногенного ґрунтогенезу в техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну. Наукові доповіді НУБіП України. 1(77).
<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12584/10909>
34. Маслікова К. П., Жуков О. В., Коваленко Д. В. (2018). Фітоіндикаційна оцінка режиму освітлення як маркер регуляторних екосистемних сервісів у техноземах нікопольського марганцеворудного басейну. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 4, 116–122. DOI 10.31210/visnyk2018.04.17
35. Масюк Н. Т., Бекаревич Н. Е. (1976). Рациональное использование насыпного слоя почвы на участках рекультивации в черноземной зоне. Освоение нарушенных земель. М.: Наука, 112–150.
36. Масюк Н. Т. (1971). Естественная растительность открытых разработок марганца и её эколого-биологическая характеристика. О рекультивации земель в степи Украины. Днепропетровск: Промінь, 37–95.
37. Медведев В. В. (2007). Неоднородности почв и точное земледелие. Часть 1. Введение в проблему. Харьков. «Изд. 13 типография». 296 с.
38. Медведев В. В. (2008). Структура почвы. Харьков, 406 с.

39. Медведев В. В. (2009). Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. 2. Результаты исследований. Харьков, 260 с.
40. Медведев В. В. (2009). Твердость и твердограммы в исследованиях по обработке почв. Почвоведение. 3, 325–327.
41. Медведев В. В. (2010). Неоднородность как закономерное проявление горизонтальной структуры почвенного покрова. Грунтознавство, 11(1–2), 6–15.
42. Медведев В. В. (2013). Временная и пространственная гетерогенизация распахиваемых почв. Грунтознавство, 14(1–2), 5–22.
43. Медведев В. В., Лактионова Т. Н. (2007). Почвенно–технологическое районирование пахотных земель Украины. Харьков. Изд. «13 типография». 395 с.
44. Медведев В. В., Лындина Т. Е., Лактионова Т. Н. (2004). Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков. 244 с.
45. Медведев В. В. (1994). Механизмы образования макроагрегатов черноземов. Почвоведение, 11, 24–30.
46. Медведев В. В. (2002). Мониторинг почв Украины. Харьков: Антиква, 428 с.
47. Пономарева С. И. (1950). Роль дождевых червей в создании прочной структуры в травопольных севооборотах. Почвоведение, 1, 476–486.
48. Рыбалов Л. Б. (1979). Смена мезофауны в процессе первичного почвообразования на сухих песках. Зоологический журнал, 58, 824–829.
49. Самсонова В. П. (2008). Пространственная изменчивость почвенных свойств: на примере дерново–подзолистых почв. М.: Издательство ЛКИ, 160 с.
50. Стебаев И. В. (1984). Зоомикробиологические комплексы в биогеоценозах. Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. М.: Наука, 40–52.
51. Таріка О. Г. (2006). Агроекологічне обґрунтування освоєння і використання лесоподібного суглинку при рекультивації земель в Нікопольському марганцеворудному басейні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к. с.–г. н.: спец. 03.00.16 «екологія». Дніпропетровськ, 25 с.
52. Тиунов А. В. (2007). Метабиоз в почвенной системе: влияние дождевых червей на структуру и функционирование почвенной биоты: Автореф. дис. ... д–

ра биол. наук: 03.00.16 / Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. – М., 44 с.

53. Травлеев А. П., Белова Н. А., Зверковский В. М. (2005). Теоретичні основи лісової рекультивації порушених земель у Західному Донбасі на Дніпропетровщині. Ґрунтознавство, 16(1-2), 19–29.

54. Турина И. В. (2013). Научное обоснование технологий фитомелиорации нарушенных земель при биологической рекультивации: Автореф. дис. ... доктора с.-х. наук: 06.01.02 – «Мелиорация, рекультивация и охрана земель». Новочеркасск, 45 с.

55. Узбек И. Х., Галаган Т. И. (2004). Фізико–хімічні властивості едафотопів техногенних ландшафтів і їх еколого-економічне значення. Ґрунтознавство, 5 (1–2), 102–106.

56. Узбек И. Х., Кобец А. С., Волох П. В., Дырда В. И., Демидов А. А. (2010). Рекультивация нарушенных земель как устойчивое развитие сложных техноэкосистем. Днепропетровск: «Пороги», 263 с.

57. Узбек И. Х., Шемавнев В. И., Галаган Т. И. (2007). Гидротермические особенности техногенных экосистем. Екологія та ноосферологія, 18 (1–2), 96–99.

58. Чабан, І.П., Забалуєв, В.О. (2008). Основні напрямки рекультивації земель і раціонального їх використання в чорноземній зоні України. Вісник ХНАУ. Серія «Ґрунтознавство», 4, 9–12.

59. Чернов Ю. И. (1975). Природная зональность и животный мир суши. М.: Мысль, 222 с.

60. Чернов Ю. И. (1991). Биологическое разнообразие: сущность и проблемы. Успехи соврем. Биологии, 111 (4), 499–507.

61. Шикула М. К. (1962). Водно-физические свойства эродированных почв Донбаса. Почвоведение, 2, 99–104.

62. Щербаков А. П., Говоров В. В. (2003). Почвенно–зоологическая характеристика экосистем Умасского бора. Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2, 196 – 202.

63. Abramowitz M., Stegun I. E. (1972). Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables. 10th Printing. U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Washington DC.
64. Anand M., Tucker B. C., Desrochers R. (2002). Ecological monitoring of terrestrial ecosystem recovery from man-made perturbation: assessing community complexity. Proceedings of the 10-th International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Air Pollution. July 1–3. 2002, Segovia, Spain. WIT Press, Southampton, UK. 341–350.
65. Andrusevich K. V., Zhukov A. V., Kunah O. N., 2014. Ecomorphic organisation of the mesopedobionts community as the basis of the anthropogenic soils zoological diagnostic. The Journal of V.N.Karazin Kharkiv National University, 22, 89–97 (in Russian).
66. Angermeier P. L., 1998. Local vs regional influences on local diversity in stream fish community of Virginia. Ecol. 79, 911–927.
67. Apostolov L. G. (1981). Pest entomofauna of the forest biocenosis of Central Dnieper. Kyiv: Vyshcha Shkola (in Russian).
68. Arnoldi J.-F., Bideault A., Loreau M., Haegeman B. (2018). How ecosystems recover from pulse perturbations: A theory of short to long-term responses. Journal of Theoretical Biology. 436, 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.10.003>
69. Arruda J. A. (2014). The Land Snails of a Partially Reclaimed Abandoned Coal Mine Site. Transactions of the Kansas Academy of Science. 117(1-2), 15–20. <https://doi.org/10.1660/062.117.0103>
70. Austen D. J., Bayley P. B., Menzel B. W., 1994. Importance of the guild concept to fisheries research and management. Fisheries. 19, 12–20.
71. Balalaev A. K., Skrypnyck O. A. (2011). Predvaritelnyie rezultatyi primeneniya metoda tsifrovoy obrabotki izobrajeniya dlya opredeleniya proektivnogo pokryitiya rastitelnosti kak osnovnogo indikatora sostoyaniya ekosistem [Preliminary results using the method of digital image processing to determine the plant cover as the primary indicator of ecosystems]. Ekologiya prirodokoristuvannya. 14, 114–123 (in Russian).

72. Balashov I. A., Kramarenko S. S., Zhukov A. V., Shklyaruk A. N., Baidashnikov A. A., Vasyliuk A. V. (2013). Contribution to the knowledge of terrestrial molluscs in southeastern Ukraine. *Malacologica Bohemoslovaca*, 12, 62–69.
73. Barsov V. A., Pilipenko A. F., Zhukov A. V., Kulbachko Y. L., Kisenko T. I. (1996). Seasonal, annual and antropogenically induced soil and terrestrial invertabrates popupation changes in some biogeocoonosis of the steppe Pridniprovie. *Visnyk of Dnipropetrovsk University*, 2, 24–30 (in Russian).
74. Barsov V. A. (2001). Assessment of the current state of the Papilionoidea butterflies of the Dnieper-Orilsky Reserve. *Reserve business in Ukraine*, 7 (1), 39-43.
75. Bean D. & Henry G.H.R. (2003). *CANTTEX Field Manual: Part A – Setting up a basic monitoring site*. Burlington, Ontario: Ecological Monitoring and Assessment Network, Environment Canada. 34 p.
76. Beauchamp, G. (2011). Fit of aggregation models to the distribution of group sizes in Northwest Atlantic seabirds. *Marine Ecology Progress Series*. 425, 261–268.
77. Belgard A. L. (1971). *Steppe Forestry*. Moscow: Forest Industry (in Russian).
78. Belgard A. L., 1950. *Forest vegetation of South–East part of the USSR*. Kiev: Kiev State University (in Russian).
79. Bonabeau E., Dagorn L., & Freon P. (1999). Scaling in animal group-size distributions, *PANAS*. 96, 4472–4477. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.8.4472>
80. Bondarev D., Kunah O., Zhukov O. (2018). Assessment of the impact of seasonal patterns climatic conditions on spawning events of the white bream *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) in astronomical and biological time. *Acta Biologica Sibirica*, 4 (2), 48–64. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v3i3.2184>
81. Bonham C .D., Clark D. L. (2005). Quantification of plant cover estimates. *Grassland Science*. 51, 129–137.
82. Booth D. T., Cox S. E., Field C., Phillips M., Williamson N. (2005). Image analysis compared with other methods for measuring ground cover. *Arid Land Research and Management*, 19, 91–100.
83. Booth D. T., Cox S. E. (2008). Image-based monitoring to measure ecological change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 185–190.

84. Booth D. T., Cox S., Louhaichi M., Johnson D. E. (2004). Lightweight camera stand for close-to-earth remote sensing. *Journal of Range Management*. 57, 675–678.
85. Brind'Amour A., Boisclair D., Dray Legendre S., (2011). Relationships between species feeding traits and environmental conditions in fish communities: A three-matrix. *Ecological Applications* 21, 363–377.
86. Brind'amour A., Boisclair D., Legendre P. , Borcard D., 2005, Multiscale spatial distribution of a littoral fish community in relation to environmental variables. *Limnology and Oceanography* 50, 2, 465–479.
87. Byikov B. A. (1978). *Vvedenie v fitotsenologiyu* [Introduction into the phytocoenology]. Alma-Ata: Nauka, 231.
88. Calenge C., & Basille M. (2008). A general framework for the statistical exploration of the ecological niche. *Journal of Theoretical Biology*, 252(4), 674–685.
89. Calenge C., Darmon G., Basille M., Loison A., Jullien J. M. (2008). The factorial decomposition of the Mahalanobis distances in habitat selection studies. *Ecology*, 89, 555 –566.
90. Cambardella C. A., Moorman T. B., Novak J. M. (1984). Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Soc. Am.* 58, 1501–1511.
91. Caraco T. (1980). Stochastic dynamics of avian foraging flocks. *The American Naturalist*. 115 (2), 262–275. www.jstor.org/stable/2460597.
92. Carpenter D., Hammond P. M., Sherlock E., Lidgett A., Leigh K., Eggleton P. (2012). Biodiversity of soil macrofauna in the New Forest: a benchmark study across a national park landscape, *Biodiversity and Conservation*. 21, 3385-3410. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-012-0369-0>.
93. Carpenter S. R., Kraft C. E., Wright R., He X., Soranno P. A., Hodgson J. R. (1992). Resilience and resistance of alake phosphorus cycle before and after a food web manipulation. *American Naturalist*. 140, 781–798. doi: 10.1086/285440.
94. Caruso N., Guerisoli M., Luengos Vidal E.M., Castillo D., Casanave E.B., Lucherini M. (2015). Modelling the ecological niche of an endangered population of *Puma concolor*: First application of the GNESFA method to an elusive carnivore. *Ecological Modelling*, 297, 11–19.

95. Chen X., Cohen, J. (2001). Transient dynamic and food–web complexity in the Lotka–Volterra cascade model. *Proceedings of the Royal Society of London - B*. 268, 869–867.
96. Chen W., Li J., Zhang Y., Zhou F., Koehler K., Leblanc S., Fraser R., Olthof I., Zhang Y. S. & Wang J. (2009). Relating biomass and leaf area index to non–destructive measurements in order to monitor changes in Arctic vegetation. *Arctic*. 62(3), 281–294.
97. De Angelo C., Paviolo A., Di Bitetti M. (2011). Differential impact of landscape transformation on pumas (*Puma concolor*) and jaguars (*Panthera onca*). *The Upper Paraná Atlantic Forest. Divers. Distrib.*, 17, 422–436.
98. de Jong Y. et al. (2014). Fauna Europaea – all European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal*, 2: e4034. doi: 10.3897/BDJ.2.e4034.
99. de Wijs H.J. (1953). Statistics of ore distribution: Part II. Theory of binomial distribution applied to sampling and engineering problems. *Journal of the Royal Netherlands. Geological and Mining Society, New Series*. 15, 12– 24.
100. de Wijs H.J. (1951). Statistics of ore distribution: Part I. Frequency distribution of assay values. *Journal of the Royal Netherlands Geological and Mining Society, New Series*. 13, 365– 375.
101. Demidov A. A., Kobets A. S., Gritsan Yu. I., Zhukov A. V., 2013. Spatial agricultural ecology and soil recultivation. Dnepropetrovsk: A.L. Svidler Press. DOI: 10.13140/RG.2.1.5175.5040
102. Dempster A. P., Laird N. M., Rubin D. B. (1977). Maximum Likelihood from Incomplete Data via the EM Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. 39 (1) 1–38.
103. Diduh Y. P. (2012). The principles of the bioindication. Kyiv: Naukova dumka (in Ukranian).
104. Didukh Ya. P. (2011). The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv: Phytosociocentre.
105. Downing A. L. & Leibold M. A. (2010). Species richness facilitates ecosystem resilience in aquatic food webs. *Freshwater Biology*. 55, 2123–2137. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02472.x>

106. Dray S. and Dufour A. B. (2007): The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*. 22(4): 1–20.
107. Dray S., Legendre P., Peres-Neto P. (2006). Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbours matrices (PCNM). *Ecological Modelling*, 196, 483–493.
108. Dray S., Pettorelli N., Chessel D., 2002. Matching data sets from two different spatial samples. *J. Veg. Sci.* 13, 867–874.
109. Durrett R., Levin S. A. (1994). Stochastic spatial models: a user's guide to ecological applications. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 343, 329–350.
110. Dvořáková J. & Horsák M. (2012). Variation of Snail Assemblages in Hay Meadows: Disentangling the Predictive Power of Abiotic Environment and Vegetation. *Malacologia*, 55(1), 151–162.
111. Ehrlich P. R. & Wilson E. O. (1991). Biodiversity studies: science and policy. *Science*, 253, 758–762.
112. Ehrlich P. R., Daily G. C. (1993). Population extinction and saving biodiversity. *Ambio*. 22, 64–68.
113. Ettema C. H., Wardle D. A. (2002). Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 17, 177–183.
114. Frank D. L., McNaughton S. J. (1991). Stability increases with diversity in plant communities: empirical evidence from the 1988 Yellowstone drought. *Oikos*, 62, 360–362.
115. Galparsoro I., Borja Á., Bald J., Liria P., Chust G. (2009). Predicting suitable habitat for the European lobster (*Homarus gammarus*) on the Basque continental shelf (Bay of Biscay), using Ecological–Niche Factor Analysis. *Ecol. Model.*, 220, 556–567.
116. Gilarov M. S. (1949). Peculiarities of the soil as environment and their role in the insects evolution. Moscow. (in Russian).
117. Gilarov M. S. (1970). Regularity of the arthropoda adaptation for the living on the land. Moscow. Nauka (in Russian).
118. Gilarov M. S., (1965). Zoological methods of the soils diagnostic. Moscow. Nauka (in Russian).

119. Gilbert B., Lechowicz M. J., (2004). Neutrality, niches, and dispersal in a temperate forest understory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101 (20), 7651–7656. doi: 10.1073/pnas.0400814101
120. Greacen E. L. (1986). Root response to soil mechanical properties. *Trans. 13 Congr. Int. Soc. Soil Sci. Hamburg*, P. 20–47.
121. Gural-Sverlova N. V., Gural, R.I. (2012). Identification book of the terrestrial molluscs of Ukraine. Lviv. (In Ukranian).
122. Hall L. S., Krausman P. R. & Morrison M. L. (1997). The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 25(1), 173–182.
123. Halstead B. J., Wylie G. D., Casazza M. L. (2010). Habitat suitability and conservation of the giant gartersnake (*Thamnophis gigas*) in the Sacramento Valley of California. *Copeia*, 591–599.
124. Handcock M. S., Stein M. L. (1993). A Bayesian analysis of kriging. *Technometrics*, 35, 403–410. DOI: 10.2307/1270273
125. Harwell M. A., Cropper W. P., Ragsdale H. L. (1981). Analysis of transient characteristics of a nutrient cycling model. *Ecological Modelling*, 12, 105–131.
126. Harwell M. A., Cropper W. P., Ragsdale H. L., (1977). Nutrient recycling and stability: a reevaluation. *Ecology*. 58 (3), 660–666.
127. Hemery L., Galton-Fenzi B., Améziane N., Riddle M., Rintoul S., Beaman R., Post A., Eléaume M. (2011). Predicting habitat preferences for *Anthometrina adriani* (Echinodermata) on the East Antarctic continental shelf. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 441, 105–116.
128. Hirzel A. H., Guisan A. (2002). Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling. *Ecological Modelling*, 157(2–3), 331–341.
129. Holt R. D. (1977). Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. *Theoretical Population Biology*, 12, 197–229.
130. Hooper D. U., Vitousek P. M. (1997). The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science*, 277, 1302–1305.

131. Hoover D. L., Knapp A. K. & Smith M. D. (2014). Resistance and resilience of a grassl and ecosystem to climate extremes. *Ecology*, 95, 2646–2656. <https://doi.org/10.1890/13-2186.1>
132. Horsák M., Hájek M., Tichý L., Juříčková L. (2007). Plant indicator values as a tool for land mollusc autecology assessment. *Acta Oecologica*, 32(2), 161–171.
133. Hutchinson G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*. 22, 415–427.
134. Hutchinson G. E. (1965). *The niche: an abstractly inhabited hypervolume. The ecological theatre and the evolutionary play*. New Haven, Yale Univ. Press.
135. IUSS Working Group WRB, (2007) World reference base for soil resources 2006, first update 2007. *World Soil Resources Reports No. 103*. FAO, Rome
136. Ivanciv V. V. (2003). Cocons production of the lumbricidae and enchtraeidae (Annelida: Oligochaeta: Lumbricidae, Enchytraeidae) of the west regions of the Ukraine. *Vysnik Lvivskogo universitetu*, 34, 165–172 (in Ukranian).
137. Ivanciv V. V. (2007). Structural and functional organization of the soil oligohaeta of the west region of the Ukraine. *Lusk*.
138. Ives A. R. (1995). Measuring resilience in stochastic systems. *Ecological Monographs*, 65, 217–233. <https://doi.org/10.2307/2937138>
139. Ives A. R., Dennis B. , Cottingham K. L. and Carpenter S. R. (2003). Estimating community stability and ecological interactions from time-series data. *Ecological Monographs*. 73, 301–330. doi:10.1890/0012-9615(2003)073[0301:ECSAEI]2.0.CO;2
140. Ives A. R., Gross K., Klug J. L. (1999). Stability and variability in competitive communities. *Science*, 286, 542–544.
141. Jensen R. K., Rasmussen J. & Melander B. (2004). Selectivity of weed harrowing in lupin. *Weed Research*. 44, 245–253.
142. Juříčková L., Horsák M., Cameron R., Hylander K., Mikovcová A., Hlaváč J. C., Rohovec J. (2008). Land snail distribution patterns within a site: The role of different calcium sources. *European Journal of Soil Biology*, 44, 172–179.

143. Kappes H., Clausius A. & Topp W. (2012). Historical small scale surface structures as a model for post-mining land reclamation. *Restoration Ecology*. 20, 322–330. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00800.x>
144. Kappes H., Jordaens K., Hendrickx F., Maelfait J. P., Lens L., & Backeljau T. (2009). Response of snails and slugs to fragmentation of lowland forests in NW Germany. *Landscape Ecology*. 24 (5), 685–697. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9342-z>
145. Klimkina I., Kharytonov M., Zhukov O. (2018). Trend Analysis of Water-Soluble Salts Vertical Migration in Technogenic Edaphotops of Reclaimed Mine Dumps in Western Donbass (Ukraine). *Journal of Environmental Research, Engineering and Management*. 74 (2), 82–93. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.erem.74.2.19940>
146. Korábek O., Juříčková L., Balashov I., Petrusek A. (2018). The contribution of ancient and modern anthropogenic introductions to the colonization of Europe by the land snail *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 (Helicidae). *Contributions to Zoology*, 87(2). 61–74.
147. Krebs C. J., Danell K., Angerbjorn A., Agrell J., Berteaux D., Brathen K. A. & Danell O. (2003). Terrestrial trophic dynamics in the Canadian Arctic. *Canadian Journal of Zoology*. 81, 827–843.
148. Krivolutsky D. A. (1994). Soil fauna in ecological control. Moscow, Nauka. (In Russian).
149. Krivolutzky D. A. Life forms and biological diversity of the animals / D. A. Krivolutzky // *Bulletin of Moscow Society of Naturalists*. – 1999. – Vol. 104., is. 5. – P. 61–67.
150. Książkiewicz-Parulska Z. & Ablett J. D. (2017). Microspatial distribution of molluscs and response of species to litter moisture, water levels and eutrophication in moist, alkaline ecosystems. *Belgian Journal of Zoology*. 147 (1), 37–53. <https://doi.org/10.26496/bjz.2017.3>
151. Kunah O. M., Dubinina Y. Y., Zhukova Y. O. (2018). The role of edaphic, vegetational and spatial factors in the structuring of communities of soil animals in the forest in the flood plain of the Dnipro river. *Ecological studies of forest ecosystems of*

the steppe zone of Ukraine: Extended Abstracts. III International Conference. – Ukraine, Dnipro: Lira, 4–7.

152. Kunah O. M., Pakhomov O. Y., Zymarioieva A. A., Demchuk N. I., Skupskyi R. M., Bezuhla L. S. & Vladyka Y. P. (2018). Agroeconomic and agroecological aspects of spatial variation of rye (*Secale cereale*) yields within Polesia and the Forest -Steppe zone of Ukraine: The usage of geographically weighted principal components analysis. *Biosystems Diversity*, 26(4), 276–285. doi:10.15421/011842

153. Kunah O.N., Kolada V. V. (2010). The reflection of the technosems in geographical and ecological spaces. *Dnipropetrovsk State Agrarian University Visnik*, 1, 56–60 (in Russian).

154. Kunakh O. N., Kramarenko S. S., Zhukov A. V., Kramarenko A. S. & Yorkina N. V. (2018). Fitting competing models and evaluation model parameters of the abundance distribution of the land snail *Vallonia pulchella* (Pulmonata, Valloniidae). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(2), 198–202. doi:10.15421/021829

155. Kunakh, O.N., Kramarenko, S.S., Zhukov, A.V., Zadorozhnaya, G.A., Kramarenko, A.S. (2018). Intra-population spatial structure of the land snail *Vallonia pulchella* (Müller, 1774) (Gastropoda; Pulmonata; Valloniidae). *Ruthenica*, 28 (3), 91–99.

156. Laliberte A. S., Rango A., Herrick J. E., Fredrickson E. L., Burkett L. (2009). An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green vegetation with digital plot photography. *Journal of Arid Environments*. 69, 1–14.

157. Legendre P., Fortin M. J. (1989). Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio*. 80(2), 107–138. <https://doi.org/10.1007/BF00048036>

158. Loreau M., Behera N., (1999). Phenotypic diversity and stability of ecosystem processes. *Theoretical Population Biology*. 56, 29–47.

159. Loreau M., de Mazancourt C. (2013). Biodiversity and ecosystem stability: a synthesis of underlying mechanisms. *Ecological Letters*, 16:106–115.

160. Lusier J. D., Thompson W. L., Wilson J. M., Gorham B. E., Dragut L. D. (2006). Using digital photographs and object-based image analysis to estimate percent

ground cover in vegetation plots. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 4(8), 408–413.

161. Lyadskaya I. V., Maslikova K. P., Zhukov A. V. (2016). Methodological approaches to assessing moisture resistant plants wilting sod lithogenic soils on red-brown clay. *Bulletin of Dnipropetrovsk National agro-economic University*, 3 (41), 68–72.

162. Maamar B., Nouar B., Soudani L., Maatoug M., Azzaoui M., Kharytonov M., Wiche O. & Zhukov O. (2018). Biodiversity and dynamics of plant groups of Chebket El Melhassa region (Algeria). *Biosystems Diversity*, 26(1), 62–70. doi: 10.15421/011810

163. MacArthur R. H. (1957). On the relative abundance of bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 43 (3), 293–295.

164. Mandelbrot B. B. (1983). *The fractal geometry of nature*. W. H. Freeman and Company, New York.

165. Martin K. & Sommer M. (2004). Relationships between land snail assemblage patterns and soil properties in temperate-humid forest ecosystems. *Journal of Biogeography*, 31(4), 531–545.

166. Maslikova K. P. (2017). The ecological structure of technosol vegetation of the Nikopol manganese ore basin. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*. 4 (46), 77-88.

167. Maslikova K. P., Ladyska I. V., Zhukov O. V. 2016. Permeability of soils in artificially created models with different stratigraphy. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnitskiy Melitopol State Pedagogical University*. 6 (3), 234–247. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/201693>

168. Masuk N. T. (1974). Features of formation of natural and cultural phytocenoses overburden rocks in areas of industrial mining. *Land reclamation*. Dnipropetrovsk, 62-105.

169. Matern B. (1986). *Spatial variation*. Lecture Notes in Statistics. 36, Springer, New York.

170. Mathieu J., Grimaldi M., Jouquet P., Rouland C., Lavelle P., Desjardins T., Rossi J. P. (2009). Spatial patterns of grasses influence soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. *Soil Biology & Biochemistry*. 41, 586–593. doi:10.1016/j.soilbio.2008.12.020
171. May R. M. (1974). *Stability and Complexity in Model Ecosystems*. Princeton: Princeton University Press, New Jersey, USA.
172. May R. M. (1975). Patterns of species abundance and diversity. In: M. L. Cody, J. M. Diamond (eds). *Ecology and Evolution of Communities*. Cambridge: Harvard University Press, 81–120.
173. May R. M., (1972). Will a large complex system be stable // *Nature*. 238, 413–414. <https://doi.org/10.1038/238413a0>
174. McBratney A. B., Mendonca-Santos M. L., Minasny B. (2003). On digital soil mapping. *Geoderma*. 2003, 117 (1–2), 3–52.
175. McBratney A. B., Pringle M. J. (1999). Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. *Precision Agriculture*, 1, 125–152. <https://doi.org/10.1023/A:1009995404447>
176. McCann K. S. (2000). The diversity–stability debate. *Nature*, 405, 228–233.
177. McGill B. J., Enquist B. J., Weiher E., Westoby M. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology and Evolution* 21, 178–184.
178. Medvedev V. V., Plisko I. V. (2006). Bonitet and quality assessment of arable lands of Ukraine. Kharkiv. 13 typography (in Russian).
179. Medvedev V. V., Laktionova, E. V., Donsova, L. V. (2011). Soil water properties of Ukraine and agricultural crops water supply. Kharkiv: Apostrof (in Russian).
180. Medvedev V.V., 2009. Tverdost pochvyi [Soil penetration resistance]. Gorodskaya Tipografiya, Kharkov (in Russian).
181. Millar A. J. & Waite S. (1999). Mollusks in coppice woodland. *Journal of Conchology*, 36, 25–48.
182. Minasny B., McBratney A. B. (2005). The Matern function as a general model for soil variograms. *Geoderma*. 128, 192 – 207. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.04.003>

183. Mordkovich V. G. (1977). Zoological diagnostics of the soil in foreststeppe and steppe zones of the Sibiria. Novosibirsk: Nauka (in Russian).
184. Motomura I. (1932). On the statistical treatment of communities. *Zoological Magazine*, 44, 379–383.
185. Mougi A., Kondoh M. (2012). Diversity of interaction types and ecological community stability. *Science*, 337, 349–351.
186. Müller J., Strätz C. & Hothorn T. (2005). Habitat factors for land snails in European beech forests with a special focus on coarse woody debris. *European Journal of Forest Research*, 124(3), 233–242.
187. Nekola J. C. (2003). Large-scale terrestrial gastropod community composition patterns in the Great Lakes region of North America. *Diversity and Distributions*, 9(1), 55–71.
188. Nekola J. C. & Smith T. M. (1999). Terrestrial gastropod richness patterns in Wisconsin carbonate cliff communities. *Malacologia*, 41(1), 253–270.
189. Neubert M. G., Caswell H. (1997). Alternatives to resilience for measuring the responses of ecological systems to perturbation. *Ecology*. 78 (3), 653–665.
190. Neutel A-M., Heesterbeek J. A. P., De Ruiter P. C. (2002). Stability in real food webs: weak links in long loops. *Science*, 296, 1120–1123.
191. Nord E. A., Postma J. A., Curran W. S., Mortensen D. A. (2009). Digital Image Analysis for Determination of Ground Cover in Cover Crop Systems. ASA–CSSA–SSSA Annual Meeting. (Poster).
192. Oksanen J., Blanchet F. G., Kindt R., Legendre P., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Stevens M. H. H., Wagner H. (2018). Community Ecology Package. R package
193. Okubo A. (1986). Dynamical aspects of animal grouping: Swarms, schools, flocks and herds. *Advances in Biophysics*. 22 (1986) 1–94. [https://doi.org/10.1016/0065-227X\(86\)90003-1](https://doi.org/10.1016/0065-227X(86)90003-1)
194. Olmstead M. A., Wample R., Greene S., Tarara J. (2004). Nondestructive Measurement of Vegetative Cover Using Digital Image Analysis. *HortScience*. 39 (1), 55–59.

195. Ondina P., Hermida J., Outeiro A. & Mato S. (2004). Relationships between terrestrial gastropod distribution and soil properties in Galicia (NW Spain). *Applied Soil Ecology*, 26(1), 1–9.
196. Ondina P., Mato S., Hermida J. & Outeiro A. (1998). Importance of soil exchangeable cations and aluminium content on land snail distribution. *Applied Soil Ecology*, 9(1), 229–232.
197. Paine R. T. (1980). Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49, 667–685.
198. Paulo J. Ribeiro, Jr. and Peter J. Diggle (2016). *geoR: Analysis of Geostatistical Data*. R package version 1.7-5.2. <https://CRAN.R-project.org/package=geoR>
199. Pennisi B. V., van Iersel M. (2002). 3 ways to measure medium EC. *GMPro*. 22(1), 46–48.
200. Pimm S. L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature*. 307, 321–326. <https://doi.org/10.1038/307321a0>
201. Pokarzhevskiy A. D., Gongalskiy K. B., Zaycev A. S., Savin F. A., (2007). *Spatial ecology of soil animals*. Moscow: KMK Scientific Press (in Russian).
202. Preston F. (1962). The canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology*, 43, 185–215.
203. Preston F. W. (1948). The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, 29 (3), 254–283.
204. Rasmussen I. A. (2004). The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed research*. 44, 12–20.
205. Razumovsky O. S. (2003). Adaptacionizm and behavioural science in the context of the problems of evolution and meaning of life activity. *Polignozis*, 2 (22), <http://www.polygnosis.ru/default.asp?num=6&num2=132>
206. Reiss J., Bridle J. R., Montoya J. M., Woodward G. (2009). Emerging horizons in biodiversity and ecosystem functioning research. *Trends Ecology and Evolution*, 24, 505–514.

207. Richardson M. D., Karcher D. E., Purcell, L.C. (2001). Quantifying turfgrass cover using digital image analysis. *Crop Science*. 41, 1884–1888.
208. Rosin Z. M., Lesicki A., Kwiecinski Z., Skorka P. & Tryjanowski P. (2017). Land snails benefit from human alterations in rural landscapes and habitats. *Ecosphere*, 8(7), e01874. [10.1002/ecs2.1874](https://doi.org/10.1002/ecs2.1874)
209. Schenková V., Horsák M., Plesková Z., Pawlikowski P. (2012). Habitat preferences and conservation of *Vertigo geyeri* (Gastropoda: Pulmonata) in Slovakia and Poland. *Journal of Molluscan Studies*, 78, 105–111.
210. Schilthuizen M. (2013). Rapid, habitat-related evolution of land snail colour morphs on reclaimed land. *Heredity*. 110, 247–252. [doi:10.1038/hdy.2012.74](https://doi.org/10.1038/hdy.2012.74)
211. Scoggins H. L., van Iersel M. W., 2006, In situ probes for measurement of EC of soilless substrates: effects of temperature and substrate moisture content. *HortScience* 41, 210–214.
212. Shemavnev V. I., Gordienko N. A., Dirda V. I., Zabaluev V. A., 2005. The stable development of the complicated ecotechnosystems. Moscow, Dnipropetrovsk. *Novaya ideologia*.
213. Smagin A. V., Azovtseva N. A., Smagina M. V., Stepanov A. L., Miagkova A. D., Kurbatova A. S., 2006. Some criteria and estimation methods of soil ecological conditions regards to greenery of urban areas. *Soil Sciences* 5, 603–615 (in Russian).
214. Solé R. V., Alonso D., Mckane A. (2002). Self-organized instability in complex ecosystems. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 357, 667–681.
215. Stein M. L. (1999). *Interpolation of Spatial Data: Some Theory for Kriging*. New York, Springer.
216. Steiner C., Long Z., Krumins J., Morin P. (2006). Population and community resilience in multitrophic communities. *Ecology*. 87, 996–1007. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[996:PACRIM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[996:PACRIM]2.0.CO;2)
217. Stredansky, J. (1999). Reduction of wind erosion intensity by vegetation cover. *Ekologia*. 18, 96–99.

218. Striganiva B. R. (1980). Feeding of the soil saprophagous. Moscow. Nauka (in Russian).
219. Sumarokov O. M., Kunah O. M. & Zhukov O. V. Soil-dwelling invertebrates in Dniprovsko-Orelskyi Nature Reserve Dataset ID #3976. In: UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network [public project & web application]. UkrBIN, Database on Biodiversity Information. Available from: <http://www.ukrbn.com> Accessed: Date [e.g. September 14, 2018]
220. Sumarokov A. M. (2009) Restoring biotic potential biogeocenosis while reducing pesticide loads [Vosstanovlenie bioticheskogo potentsiala biogeotsenozov pri umen'shenii pestitsidnykh nagruzok]. Donetsk: "Weber". [in Ukrainian].
221. Sumarokov A. M., Zhukov A. V. (2006). Ground of renewal of ecological potential of agrobiogeocenoses at diminishing of pesticidal loadings in Ukraine. The Kharkov Entomological Society Gazette, XIV, 1–2, 145–154.
222. Szybiak K., Błoszyk J., Koralewska-Batura E. & Góldyn B. (2009). Small-scale distribution of wintering terrestrial snails in forest site: relation to habitat conditions. Polish Journal of Ecology, 57(3), 525–535.
223. Tarasov V. V., (2012). Dnipropetrovsk an Zaporozhie regions flora. Second ed. Lira, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
224. Tarasov V. V., 2005. Flora Dnipropetrovs'koyi i Zaporiz'koyi oblastey [Dnipropetrovsk an Zaporozhie regions flora]. Dnipropetrovsk University Press, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
225. Thiebot J.–B. Lescroel A., Pinaud D., Trathan P. N., Bost C.–A. (2011). Larger foraging range but similar habitat selection in non–breeding versus breeding subAntarctic penguins. Antarctic Science, 23, 117–126.
226. Thuiller W., Lavorel S., Midgley G., Lavergne S. Rebelo T. (2004). Relating plant traits and species distributions along bioclimatic gradients for *Leucadendron* taxa. Ecology 85, 1688–1699.
227. Tilman D. (1996). Biodiversity: population versus ecosystem stability. Ecology. 77, 350–363.

228. Tilman D., Downing J. A. (1994). Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 367, 363–365.
229. Tilman D., J. Knops D. Wedin, P. Reich, M. Ritchie E. Siemann. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277, 1300–1302.
230. Tilman D., Kareiva P. (eds). (1997). *Spatial ecology: the role of space in population dynamics and interspecific interactions*. Princeton University Press, New Jersey
231. Valle M., Borja Á., Chust G., Galparsoro I., Garmendia J. M. (2011). Modelling suitable estuarine habitats for *Zostera noltii*, using Ecological Niche Factor Analysis and Bathymetric LiDAR. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 94, 144–154.
232. Verhagen A., Booltink, H. W. G., Bouma J. (1995). Site-specific management: Balancing production and environmental requirements at farm level. *Agric. Syst.*, 49, 369–384.
233. version 2.5-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
234. Voronov A. G. (1973). *Geobotany*. Moscow: Vischaya shola (in Russian).
235. Walker B., Kinzig A. & Langridge J. (1999). Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems*, 2, 95–113.
236. Walker M. (1996). Community baseline measurements for ITEX studies. Molau U., Molgaard P., eds. *International Tundra Experiment (ITEX) manual*. Copenhagen: Danish Polar Center. 5–47.
237. Weaver K. F., Anderson T., & Guralnick R. (2006). Combining phylogenetic and ecological niche modeling approaches to determine distribution and historical biogeography of Black Hills mountain snails (Oreohelcidae). *Diversity and Distributions*, 12(6), 756–766.
238. Webster R., Oliver M. A. (2001). *Geostatistics for Environmental Scientists*. Chichester, John Wiley, Sons..
239. Whittaker R. H. (1965). Dominance and diversity in land plant communities. *Science*, 147, 250–260.

240. Whittle P. (1954). On stationary processes in the plane. *Biometrika*, 41, 434– 449.
<https://doi.org/10.1093/biomet/41.3-4.434>
241. Wood C. C. (1985). Aggregative response of common mergansers (*Mergus merganser*): predicting flock size and abundance on Vancouver Island salmon streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 42(7), 1259–1271.
<https://doi.org/10.1139/f85-157>
242. Wright A. J., Ebeling A., de Kroon H., Roscher C., Weigelt A., Buchmann N., Buchmann T., Fischer C., Hacker N., Hildebrandt A., Leimer S., Mommer L., Oelmann Y., Scheu S., Steinauer K., Strecker T., Weisser W., Wilcke W., Eisenhauer N., (2015). Flooding disturbances increase resource availability and productivity but reduce stability in diverse plant communities. *Nature Communications*. 6, 6092.
<https://doi.org/10.1038/ncomms7092>
243. Yorkina N., Maslikova K., Kunah O., Zhukov O. (2018). Analysis of the spatial organization of *Vallonia pulchella* (Muller, 1774) ecological niche in Technosols (Nikopol manganese ore basin, Ukraine). *Ecologica Montenegrina*, 17, 29–45.
244. Zabaluev V. A. (1999). Formation of agro-ecosystems reclaimed land in the steppe of Ukraine: edaphic study. Kyiv (in Russian).
245. Zhukov A. V., Andrushevich K. V. (2015). Ability of the geographically weighted principal components analysis for assessing of the maize (*Zea mays* L.) spatial nonstationarity morphometrics traits interrelation. *Chornomors'k. bot. z.*, 11 (3): 397–406. doi:10.14255/2308–9628/15.113/13.
246. Zhukov O., Kunah O., Dubinina Y., Novikova V. (2018). The role of edaphic and vegetation factors in structuring beta diversity of the soil macrofauna community of the Dnipro river arena terrace. *Ekológia (Bratislava)*, 37, 3, 301–327. DOI:10.2478/eko-2018-0023
247. Zhukov O., Kunah O., Dubinina Y., Novikova V. (2018). The role of edaphic, vegetational and spatial factors in structuring soil animal communities in a floodplain forest of the Dnipro river. *Folia Oecologica*, 45, 8–23. doi: 10.2478/foecol-2018-0002
248. Zhukov O. V, Kunah O. M., Dubinina Y. Y., Ganzha D. S. (2018). Asymmetry of the plant species response curves and phytoindication estimation of the environmental

- factors based on diapasonal scales. *Acta Biologica Sibirica*, 4 (2), 4 (2), 32–45. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v3i3.2184>
249. Zhukov O. V., Zadorozhna G. O., Maslikova K. P., Andrusyevych K. V., Lyadskaya I. V. *Tehnosols Ecology: Monograph*. Dnipro: Zhurfond. 2017, 442 p. (in Ukrainian)
250. Zhukov A. V., Kunah O. N., Dubinina Y. Y., Ganga D. S. (2018). Application of β -function in phytoindication to account for species response curves asymmetry. *Acta Biologica Sibirica*, 4 (2), 32–46. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v4i2.4121>
251. Zhukov A. V. (1996). Prismatic soil mesofauna production and diversity. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 142–149 (in Russian).
252. Zhukov A. V., Pilipenko A. F., Kireeva O. V. (1997). Earthworms bioindication characteristics for assessment of the soil contamination level by chemical industry wastes. *Issue of the bioindication and nature protection*, 162–166.
253. Zhukov A. V., Andrusyevich K. V., Lapko K. V., Sirotina V. O. (2015). Geostatistical estimation of soil aggregate structure as a composite variable. *Biological Bulletin*, 3, 101–121 (in Russian). <http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v5i3.989>
254. Zhukov A. V., Maslikova K. P., Lyadsky I. V. (2016). Dependence of the Nikopol manganese ore basin technosols infiltration rate from its physical properties. *News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*. № 4(42), 113–120.
255. Zhukov O. V., Kunakh O. M., Kotsun V. I., Dubinina J. J., Novikova V. A. & Mudrenko N. Y. (2018). Soil catena complex of the river Dnipro arena within the “Dnieper-Orilsky” natural reserve. *Agrology*, 21(3), 261–272.
256. Zhukov O. V., Gubanova N. L. (2015). Diversity and dynamics of amphibians in floodplain ecosystems of the Samara river. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*. 23(1), 66–73. doi:10.15421/011510
257. Zhukov O. V., Gubanova N. L. (2015). Dynamic stability of communities of amphibians in short-term-flooded forest ecosystems. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*, 23 (2), 161–171. doi:10.15421/011523

258. Zhukov O. V., Kunah, O. M., Dubinina, Y.Y. (2017). Sensitivity and resistance of communities: evaluation on the example of the influence of edaphic, vegetation and spatial factors on soil macrofauna. *Biosystems Diversity*. 25(4), 328–341. doi:10.15421/011750
259. Zhukov O. V., Lyadskaya I. V., Maslikova K. P. (2017). Environmental determinants of wilting humidity resistant plants in sod-lithogenic soils on losses-like clay loams. *News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*. 2 (44), 12–16.
260. Zipf G. K. (1949). *Human behavior and the principle of least effort*. AddisonWesley, Cambridge.
261. Zipkin E. F., Leirness J. B., Kinlan B. P., O'Connell A. F. & Silverman E. D. (2014). Fitting statistical distributions to sea duck count data: implications for survey design and abundance estimation. *Statistical Methodology*. 17, 67–81. <https://doi.org/10.1016/j.stamet.2012.10.002>
262. Zobel M., (1997). The relative role of species pools in determining plant species richness: alternative explanation of species coexistence? *Trends in Ecology and Evolution* 12, 266–269.
263. Zonn S. V., Travleev A. P. (1989). *Geographical and genetic aspects of pedogenesis, evolution and preservation of soil*. Naukova Dumka, Kyiv, 216.

ДОДАТКИ

Алгоритм визначення фізіономічних типів

Запропонований алгоритм визначення фізіономічних типів рослинності дозволяє провести одночасний аналіз серії знімків, що автоматизує рутинні операції. У робочому директорії повинні перебувати знімки, що підлягають обробці, а також файл із даними, отриманими після екстракції значень пікселів у виділених об'єктах у модельних знімках. Файл також повинен містити змінні із вказівкою приналежності пікселів до кластера. Знімки із зображеннями повинні мати розширення JPG.

Процедура обробки даних у середовищі Project R:

Запустити середовище Project R (інсталювати програму бібліотеки можна із сайту <http://www.r-project.org/>).

(знак # у середовищі вказує на текст, який не є командою для виконання)

завантаження необхідних бібліотек (завантажити можна раніше інсталювані бібліотеки. Це можна зробити або за допомогою інсталяції локальних zip-файлів, які потрібно попередньо скачати із сайту <http://www.r-project.org/>: Пакети -> Установити пакет(и) з локальних zip-файлів, або безпосередньо встановити зі списку: Пакети -> Установити пакет(и) ...):

library(rgdal) # бібліотека обробки зображень

library(mda) # бібліотека дискримінантного аналізу

library(raster) # бібліотека обробки растрових даних

#Необхідно вказати розміщення робочої папки з даними для аналізу. Для цього в оболонці: Файл -> Змінити папку ... і вказати адресу папки з даними «C:\Program

Files\R\R-3.0.3\library\rgdal\pictures\Image» (папку Image потрібно створити самостійно, інші папки створюються при інсталяції оболонки та бібліотеки rgdal).

Дані зі значеннями класифікаційних одиниць (змінна N) і відповідних їм значеннями в трьох каналах файлу зображення (змінні band1, band2, band3) утримуються у файлі "data.txt". За допомогою функції read.delim проводиться зчитування файлу:

```
data<-read.delim("data.txt")
```

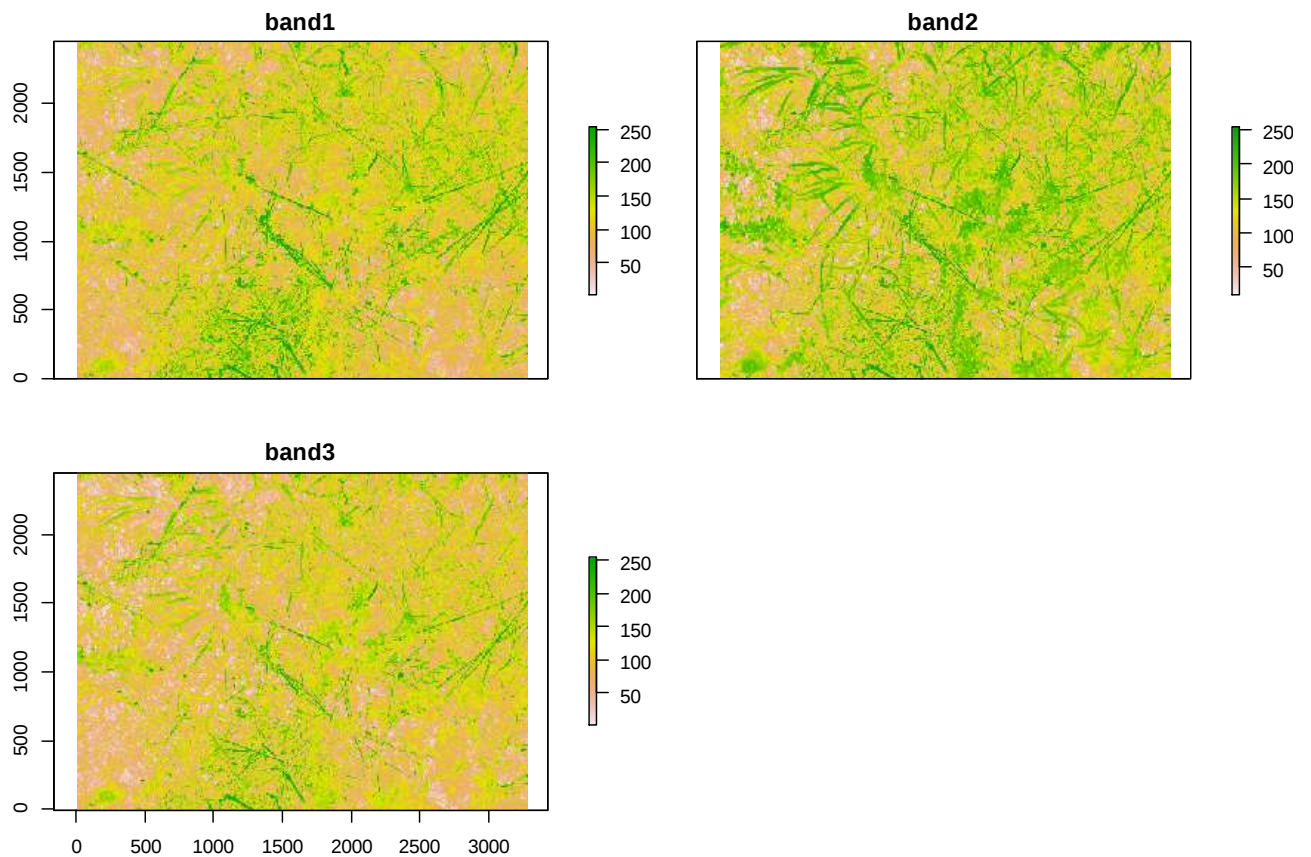
Функція head повертає початкові рядки змінної data, що дозволяє переглянути структуру даних:

```
head(data)
```

У результаті одержимо:

```
N band1 band2 band3 Type_1 Type_2 Clust
1 1 174 211 177 Pedo 1 6
2 1 185 225 165 Pedo 1 10
3 1 88 130 82 Pedo 1 2
4 1 94 141 95 Pedo 1 2
5 1 184 232 146 Pedo 1 12
6 1 186 229 175 Pedo 1 10
```

Файл (data.txt) і, відповідно, змінна data, містять 4210 рядків (це можна довідатися за допомогою функції nrow(data)) і 7 стовпців (функція ncol(data)). Стовпець N містить порядковий номер фізіономічного типу (1–6). Стовпці band1, band2, band3 – значення інтенсивностей у каналах R, G, B:



Змінна Type_1 – позначення типів техноземів (Krasn – червоно-бурі глини; Lessi – лесоподібні суглинки; Pedo – педоземі; Ser_Zel – сіро-зелені глини). Змінна Type_2 – аналогічна змінної N, тільки замість типу 6 (відкритий ґрунт), зазначений конкретний ґрунт (як у змінній Type_1). Змінна Clust – номери кластерів після застосування Їм-Алгоритму.

Число вимірів по кожному типу ґрунтів можна знайти за допомогою функції:
summary(data\$Type_1)

Krasn Lessi Pedo Ser_Zel

1211 831 867 1301

#у подальшому проводиться дискримінантний аналіз, який дозволяє знайти правило визначення приналежності пікселя за значеннями інтенсивності в трьох каналах до однієї із класифікаційних одиниць. Ця процедура здійснюється за

допомогою функції `mda`. Результати дискримінантного аналізу будуть перебувати в об'єкті `m2`:

```
m2 = mda(Clust ~ band1+band2+band3, data=data, method= gen.ridge)
```

Докладно про властивості функції `mda` можна довідатися, зробивши запит `?mda`. Необхідно відзначити, що ця функція припускає можливість застосування декількох методів дискримінації, від чого може залежати ефективність процедури.

Імена компонентів об'єкта `m2` можна викликати за допомогою функції `names(m2)`. Об'єкт `confusion` являє собою матрицю точності класифікації:

```
m2$confusion
```

```
# Одержимо:
```

```
true
```

```
predicted 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
```

```
1 355 0 3 0 0 0 0 0 0 8 0
```

```
2 0 297 0 15 11 0 0 1 9 0 0 0
```

```
3 40 0 654 2 0 0 0 0 0 0 0 0
```

```
4 0 5 1 210 0 8 7 0 2 0 1 0
```

```
5 0 2 0 0 180 0 0 0 3 3 0 4
```

```
6 0 0 0 1 0 274 8 0 8 6 2 0
```

```
7 0 0 0 10 0 3 279 9 0 0 3 0
```

```
8 0 2 0 20 0 4 14 404 11 0 0 0
```

```
9 0 7 0 0 17 5 0 7 320 8 0 0
```

```
10 1 0 0 0 0 2 0 0 0 158 0 0
```

```
11 26 0 9 0 0 0 0 0 0 0 683 0
```

```
12 0 0 0 0 6 0 0 0 0 2 0 80
```

```
attr("error")
```

```
[1] 0.07505938
```

Можливе застосування більш складної моделі дискримінантного аналізу, при якому використовуються нелінійні компоненти:

```
m2 = mda(N ~ band1+band2+band3+band12+band22+band32+ band1*band2+
band1*band3+ band3*band2, data=data, method=mars)
```

#дискримінація може бути проведена за допомогою методу опорних векторів:

```
library(kernlab) # бібліотека, яка містить процедури методу опорних векторів.
```

```
m2 <- ksvm(Clust ~ band1+band2+band3, data=data, type = "C-svc", kernel="rbfdot",
           C = 1, nu = 0.2, epsilon = 0.1, prob.model = FALSE)
```

Цей підхід дає більш високу точність дискримінації, але вимагає набагато більше комп'ютерного часу. Тому його можна рекомендувати для розв'язку завдань не більшим числом об'єктів для обчислення, коли потрібна висока точність результатів.

#створюється матриця з нульовими значеннями для додавання до неї стовпців з обчисленими частками покриття різними типами рослинності. Число рядків у матриці (12) відповідає числу класифікаційних одиниць (типів рослинності):

```
matr = matrix( c(0, 0, 0, 0, 0, 0,0,0,0,0,0,0), nrow=12, ncol=1)
```

#із робочої директорії достається список файлів із зображеннями (маска JPG).

```
out.files <- list.files(getwd(),pattern="JPG", full.names=T)
```

```
out.files1 <- list.files(getwd(),pattern="JPG", full.names=F)
```

Змінна out.files містить повні імена файлів (із вказівкою повного шляху до файлу):

```
[1] "C:/Program Files/R/R-3.0.3/library/rgdal/pictures/Image/IMG_0203.JPG"
[2] "C:/Program Files/R/R-3.0.3/library/rgdal/pictures/Image/IMG_0204.JPG"
[3] "C:/Program Files/R/R-3.0.3/library/rgdal/pictures/Image/IMG_0205.JPG"
[4] "C:/Program Files/R/R-3.0.3/library/rgdal/pictures/Image/IMG_0206.JPG"
```

Змінна out.files1 містить тільки імена:

```
[1] "IMG_0203.JPG" "IMG_0204.JPG" "IMG_0205.JPG" "IMG_0206.JPG"
```

#далі виконується цикл для проведення обчислень для всіх файлів зображень, які перебувають у робочій директорії:

```
for(i in 1:nrow(as.matrix(out.files))){

qw<-as.matrix(out.files)[i]
grids <- readgdal(qw)

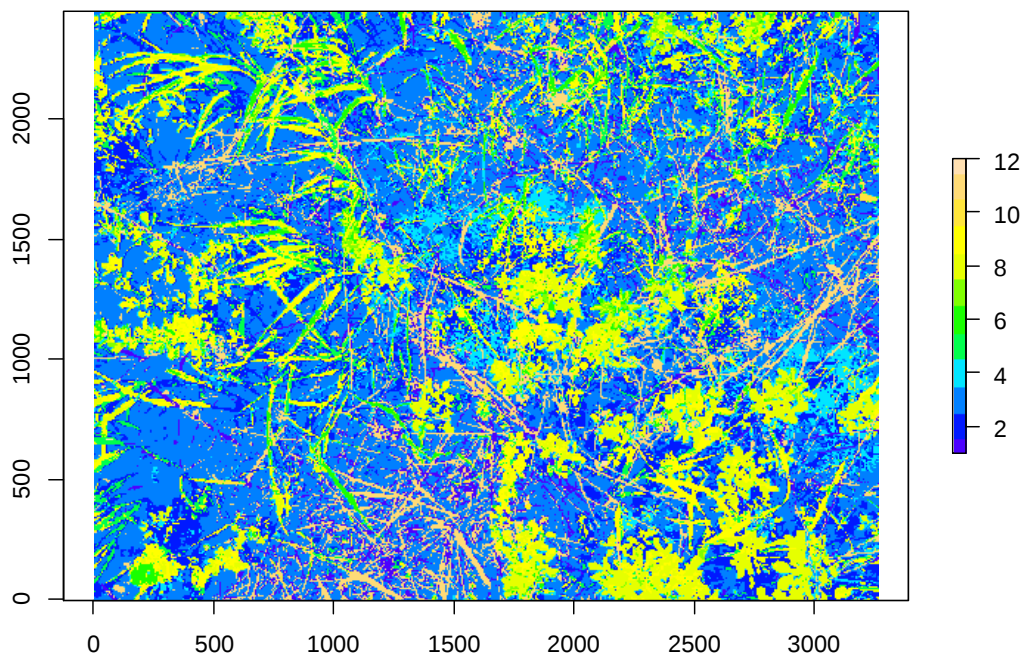
b_1<-raster(grids, layer=1)
b_2<-raster(grids, layer=2)
b_3<-raster(grids, layer=3)

band1<- aggregate(b_1,5) #функція aggregate робить просторове агрегування
                             пікселей
band2<- aggregate(b_2,5)
band3<- aggregate(b_3,5)
grids<-stack(band1, band2, band3)
```

```
pc.comps <- as(grid, "Spatialgriddataframe")
pred_nf1 <- droplayer(stack(pc.comps), 'biome') #стек з даними

pb <- predict(pred_nf1, m2) # проорокування значень по даним pred_nf1 на підставі
                               моделі m2

hs<-hist(pb, breaks = c(0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5,8.5,9.5,10.5,11.5,12.5)) #
гістограма розподілу передвіщених значень у змінній pb із вказівкою границь
об'єктів у змінній breaks
```



```
res<-as.matrix(hs$density) # переводить значення щільності гістограми у формат
                               матриці

colnames(res) <- out.files1[i] # призначає імена змінних в об'єкті res по іменам
                               файлів із зображеннями, які зберігаються в об'єкті out.files1

matr<-cbind(matr,res)
```

```
}
```

#результати обчислень перебувають у змінній `matr` і можуть бути записані у файл результату:

```
write.table(matr, file = "result.txt", sep = ",", col.names = NA)
```

Можна відтворити результати сегментації:

```
plot(pb, col = topo.colors(12))
```

У результуючому файлі `result.txt` у першому стовпчику позначені номери кластерів, у наступних колонках – імена зображень і відповідні їм розподілу проективних покриттів кластерів:

	IMG_0203.JPG	IMG_0204.JPG	IMG_0205.JPG
1	0.05	0.08	0.06
2	0.14	0.14	0.18
3	0.36	0.41	0.38
4	0.08	0.08	0.04
5	0.03	0.03	0.06
6	0.02	0.02	0.03
7	0.02	0.01	0.00
8	0.10	0.04	0.02
9	0.08	0.05	0.09
10	0.02	0.02	0.04
11	0.09	0.10	0.09
12	0.00	0.00	0.00

Потім на підставі результатів, отриманих по аналізі відповідностей, проводиться перетворення кластерів у фізіономічні типи: Тип 1 – сума кластерів 9 і 10; Тип 2 – сума 4 і 6; Тип 3 – 2, 5, 12; Тип 4 – 7 і 8; Тип 5 – 11; Тип 6 – 1 і 3.

Таблиця Д.1

Інформаційний критерій Акаїке рівня відповідності альтернативних моделей спостережуваним розподілам чисельності *Brephulopsis cylindrica* (Menke, 1828) у різних типах техноземів

Тип технозему	Рік	Сезон	Моделі					Найкраща модель
			Null	Preemption	Lognormal	Zipf	Mandelbrot	
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	2012	1	1576.20	848.62	798.61	1405.30	764.90	Mandelbrot
	2012	2	1007.27	718.38	748.05	1392.34	687.67	Mandelbrot
	2012	3	876.82	581.83	554.97	748.19	553.81	Mandelbrot
	2013	1	1143.85	679.33	569.42	737.20	626.12	Lognormal
	2013	2	1217.22	679.67	568.52	650.48	580.16	Lognormal
	2013	3	1223.12	728.95	625.37	921.96	671.41	Lognormal
	2014	1	725.46	578.73	532.98	698.27	566.69	Lognormal
	2014	2	1225.47	615.96	543.17	640.64	546.35	Lognormal
	2014	3	1147.53	650.14	609.12	884.08	604.27	Mandelbrot
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	2012	1	2876.42	916.32	658.98	882.56	648.78	Mandelbrot
	2012	2	1614.96	731.15	658.47	975.54	638.41	Mandelbrot
	2012	3	1014.48	625.69	559.02	631.15	541.59	Mandelbrot
	2013	1	1560.67	719.10	600.87	794.77	621.97	Lognormal
	2013	2	1247.35	644.98	583.03	768.43	584.15	Lognormal
	2013	3	1262.99	703.75	716.17	1143.66	645.76	Mandelbrot
	2014	1	1309.34	639.86	585.54	741.44	574.28	Mandelbrot
	2014	2	1585.23	682.84	572.63	686.74	558.91	Mandelbrot
	2014	3	2733.91	925.97	540.69	547.02	542.35	Lognormal
Педозем	2012	1	962.65	615.08	557.53	730.35	577.89	Lognormal
	2012	2	708.59	557.45	565.79	804.13	547.00	Mandelbrot
	2012	3	515.37	454.42	450.83	529.66	445.71	Mandelbrot

Тип технозему	Рік	Сезон	Моделі					Найкраща модель
			Null	Preemption	Lognormal	Zipf	Mandelbrot	
	2013	1	632.20	530.04	485.06	596.74	518.37	Lognormal
	2013	2	577.57	547.28	507.46	662.01	528.58	Lognormal
	2013	3	523.13	472.06	491.63	636.32	470.43	Mandelbrot
	2014	1	449.32	455.00	438.72	542.42	455.88	Lognormal
	2014	2	540.55	465.69	478.97	576.17	465.23	Mandelbrot
	2014	3	604.03	482.11	515.70	685.20	476.24	Mandelbrot
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	2012	1	592.59	450.49	423.04	441.52	427.03	Lognormal
	2012	2	367.99	365.57	346.69	369.39	355.03	Lognormal
	2012	3	303.15	310.33	283.11	291.88	289.53	Lognormal
	2013	1	552.76	448.50	421.06	433.10	414.65	Mandelbrot
	2013	2	594.38	581.20	477.89	444.15	433.28	Mandelbrot
	2013	3	513.78	433.99	415.65	437.67	407.79	Mandelbrot
	2014	1	442.12	400.26	391.68	434.77	390.54	Mandelbrot
	2014	2	366.31	359.81	349.52	391.14	352.71	Lognormal
	2014	3	570.74	433.56	433.01	481.99	424.03	Mandelbrot

Таблиця Д.2

Інформаційний критерій Акаїке рівня відповідності альтернативних моделей спостережуваним розподілам чисельності *Monacha (Monacha) cartusiana* (O.F. Muller, 1774) у різних типах техноземів

Тип технозему	Рік	Сезон	Моделі					Найкраща модель
			Null	Preemption	Lognormal	Zipf	Mandelbrot	
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	2012	1	631.36	451.45	428.81	457.63	434.39	Lognormal
	2012	2	394.89	369.23	349.19	366.89	358.47	Lognormal
	2012	3	332.93	318.37	303.38	317.94	309.59	Lognormal
	2013	1	416.45	371.42	359.71	385.84	365.21	Lognormal
	2013	2	276.65	262.81	261.36	279.25	263.36	Lognormal
	2013	3	435.32	370.39	348.45	358.49	357.55	Lognormal
	2014	1	265.53	260.41	263.84	299.10	261.96	Preemption
	2014	2	281.05	276.36	277.86	308.04	277.32	Preemption
	2014	3	358.19	344.86	328.33	348.08	338.22	Lognormal
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	2012	1	891.85	550.58	521.22	637.17	513.38	Mandelbrot
	2012	2	564.50	470.71	448.91	516.47	459.14	Lognormal
	2012	3	526.70	442.49	437.68	504.70	436.60	Mandelbrot
	2013	1	338.63	249.75	253.35	290.32	245.42	Mandelbrot
	2013	2	312.97	313.11	328.56	408.36	315.99	Null
	2013	3	443.13	412.75	431.72	528.32	413.42	Preemption
	2014	1	412.58	392.69	376.20	416.47	378.87	Lognormal
	2014	2	453.41	413.47	405.71	459.49	409.43	Lognormal
	2014	3	579.99	416.86	379.73	400.50	393.42	Lognormal
Педозем	2012	1	440.30	365.73	341.59	346.52	348.22	Lognormal
	2012	2	330.97	315.86	309.58	329.14	314.47	Lognormal

Тип технозему	Рік	Сезон	Моделі					Найкраща модель
			Null	Preemption	Lognormal	Zipf	Mandelbrot	
	2012	3	230.84	222.53	219.39	227.24	219.70	Lognormal
	2013	1	329.63	282.96	280.79	310.86	280.97	Lognormal
	2013	2	314.78	305.63	303.87	335.44	305.65	Lognormal
	2013	3	287.37	263.54	253.05	263.49	259.47	Lognormal
	2014	1	269.11	262.07	275.37	331.45	264.82	Preemption
	2014	2	335.89	330.37	337.79	397.57	327.60	Mandelbrot
	2014	3	474.93	422.36	402.10	428.45	400.06	Mandelbrot
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	2012	1	603.43	488.00	508.18	645.01	482.97	Mandelbrot
	2012	2	436.38	380.94	365.37	388.43	348.50	Mandelbrot
	2012	3	471.00	444.46	404.15	428.82	401.77	Mandelbrot
	2013	1	418.31	426.59	386.67	419.79	385.52	Mandelbrot
	2013	2	378.67	399.86	347.74	358.64	348.80	Lognormal
	2013	3	311.83	322.88	296.39	319.05	306.88	Lognormal
	2014	1	326.24	331.35	319.95	369.52	319.69	Mandelbrot
	2014	2	329.46	336.84	320.61	361.20	329.59	Lognormal
	2014	3	378.90	378.57	358.89	393.25	371.40	Lognormal

Таблиця Д.3

Інформаційний критерій Акаїке рівня відповідності альтернативних моделей спостережуваним розподілам чисельності *Chondrula tridens* (O.F. Muller, 1774) у різних типах техноземів

Тип технозему	Рік	Сезон	Моделі					Найкраща модель
			Null	Preemption	Lognormal	Zipf	Mandelbrot	
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	2012	1	289.01	213.83	208.69	201.63	197.72	Mandelbrot
	2012	2	71.80	50.97	46.80	45.91	47.91	Zipf
	2012	3	207.53	136.49	125.33	121.90	123.89	Zipf
	2013	1	253.03	196.00	183.50	173.37	175.37	Zipf
	2013	2	293.24	194.84	181.41	174.96	176.30	Zipf
	2013	3	313.24	235.62	225.65	216.46	214.76	Mandelbrot
	2014	1	110.44	80.03	76.24	73.22	75.20	Zipf
	2014	2	232.36	171.95	162.88	153.88	155.52	Zipf
	2014	3	343.89	266.33	254.89	250.06	244.71	Mandelbrot
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	2012	1	3.27	5.27	–	–	–	Null
	2012	2	36.09	27.03	23.59	25.59	25.59	Lognormal
	2012	3	136.42	109.89	105.64	98.79	100.67	Zipf
	2013	1	415.68	383.55	333.89	323.83	317.76	Mandelbrot
	2013	2	443.96	331.95	338.35	386.96	326.82	Mandelbrot
	2013	3	186.17	159.50	148.00	135.73	137.69	Zipf
	2014	1	108.17	86.42	83.97	79.68	81.54	Zipf
	2014	2	205.75	162.76	151.70	143.99	145.99	Zipf
	2014	3	205.75	162.76	151.70	143.99	145.99	Zipf
Педозем	2012	1	371.13	251.77	241.94	237.87	234.56	Mandelbrot
	2012	2	221.71	163.18	154.17	147.67	149.67	Zipf
	2012	3	263.68	211.19	195.69	180.75	182.75	Zipf

Тип технозему	Рік	Сезон	Моделі					Найкраща модель
			Null	Preemption	Lognormal	Zipf	Mandelbrot	
	2013	1	398.70	288.40	269.51	260.18	261.98	Zipf
	2013	2	183.50	126.62	117.44	112.72	114.72	Zipf
	2013	3	259.15	186.46	178.42	175.97	176.69	Zipf
	2014	1	398.70	288.40	269.51	260.18	261.98	Zipf
	2014	2	134.83	85.14	72.10	71.58	73.58	Zipf
	2014	3	188.88	147.68	138.48	126.77	128.77	Zipf
	2014	3	188.88	147.68	138.48	126.77	128.77	Zipf
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	2012	1	509.07	452.21	399.80	410.43	395.47	Mandelbrot
	2012	2	229.96	158.80	148.49	142.10	144.07	Zipf
	2012	3	307.89	227.61	215.05	207.56	209.08	Zipf
	2013	1	88.10	56.38	48.45	46.45	48.45	Zipf
	2013	2	65.53	43.81	38.66	36.66	38.66	Zipf
	2013	3	65.53	43.81	38.66	36.66	38.66	Zipf
	2014	1	154.12	100.05	89.68	87.90	89.90	Zipf
	2014	2	103.42	70.84	66.48	65.80	67.42	Zipf
	2014	3	460.20	341.70	335.90	361.46	332.30	Mandelbrot

Таблиця Д.4

Інформаційний критерій Акаїке рівня відповідності альтернативних моделей спостережуваним розподілам чисельності
Helix (Helix) lucorum Linnaeus, 1758 у різних типах техноземів

Тип технозему	Рік	Сезон	Моделі					Найкраща модель
			Null	Preemption	Lognormal	Zipf	Mandelbrot	
Дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині	2012	1	–	–	–	–	–	–
	2012	2	–	–	–	–	–	–
	2012	3	–	–	–	–	–	–
	2013	1	–	–	–	–	–	–
	2013	2	–	–	–	–	–	–
	2013	3	–	–	–	–	–	–
	2014	1	2.00	4.00	–	–	–	Null
	2014	2	–	–	–	–	–	–
	2014	3	–	–	–	–	–	–
Дерново-літогенний ґрунт на лесоподібному суглинку	2012	1	98.82	80.30	78.69	78.22	80.09	Zipf
	2012	2	27.15	24.88	25.71	25.53	27.53	Preemption
	2012	3	48.61	40.21	39.11	38.98	40.98	Zipf
	2013	1	29.67	27.69	28.60	28.09	30.09	Preemption
	2013	2	60.63	51.28	51.44	51.37	53.12	Preemption
	2013	3	48.04	40.49	39.95	39.68	41.68	Zipf
	2014	1	36.41	31.28	31.06	30.93	32.93	Zipf
	2014	2	15.76	16.03	17.50	17.44	19.43	Null
	2014	3	15.76	16.03	17.50	17.44	19.43	Null
Педозем	2012	1	2.00	4.00	–	–	–	Null
	2012	2	–	–	–	–	–	–
	2012	3	–	–	–	–	–	–

Тип технозему	Рік	Сезон	Моделі					Найкраща модель
			Null	Preemption	Lognormal	Zipf	Mandelbrot	
	2013	1	–	–	–	–	–	–
	2013	2	25.17	22.06	22.00	22.00	24.00	Lognormal/ Zipf
	2013	3	–	–	–	–	–	–
	2014	1	–	–	–	–	–	–
	2014	2	–	–	–	–	–	–
	2014	3	–	–	–	–	–	–
Дерново-літогенний ґрунт на сіро-зеленій глині	2012	1	24.37	22.35	22.99	22.86	24.86	Preemption
	2012	2	13.15	13.12	14.00	14.00	16.00	Preemption
	2012	3	13.15	13.12	14.00	14.00	16.00	Preemption
	2013	1	7.35	8.64	10.00	10.00	12.00	Null
	2013	2	19.12	17.59	18.00	18.00	20.00	Preemption
	2013	3	37.41	30.98	30.00	30.00	32.00	Lognormal/ Zipf
	2014	1	–	–	–	–	–	–
	2014	2	2.00	4.00	–	–	–	Null
	2014	3	–	–	–	–	–	–

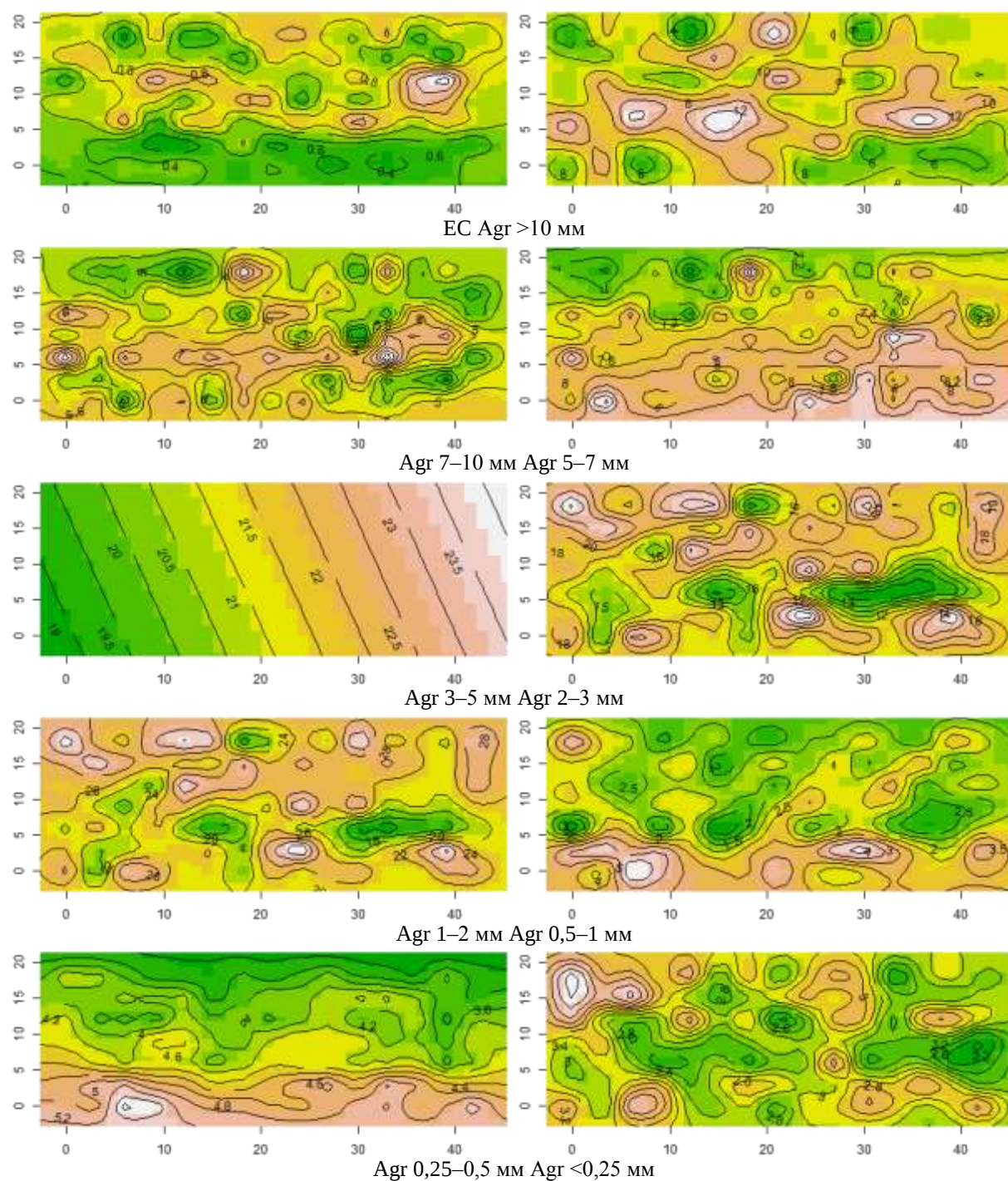


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у педоземах у 2012 р.

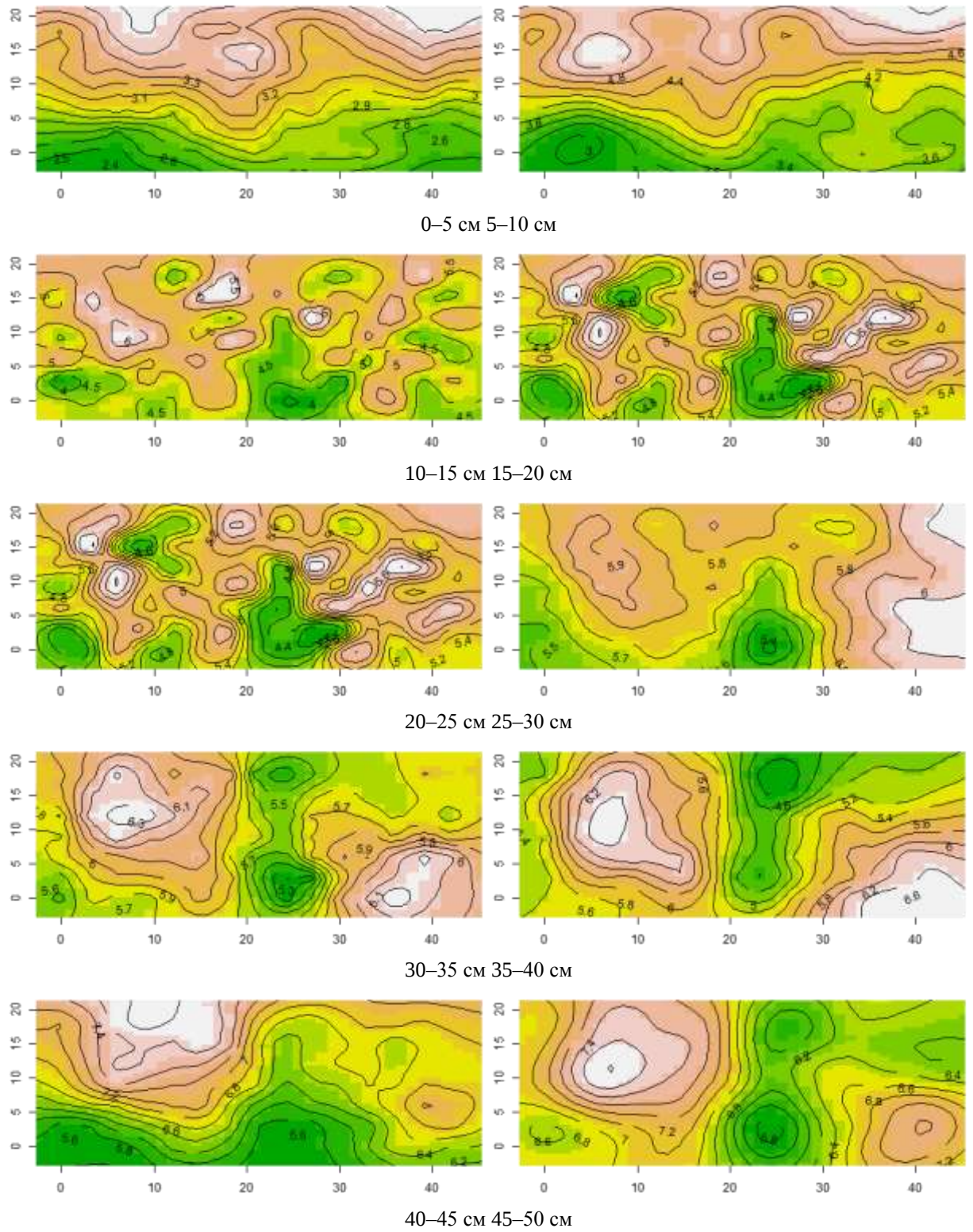


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у педоземах у 2012 р.

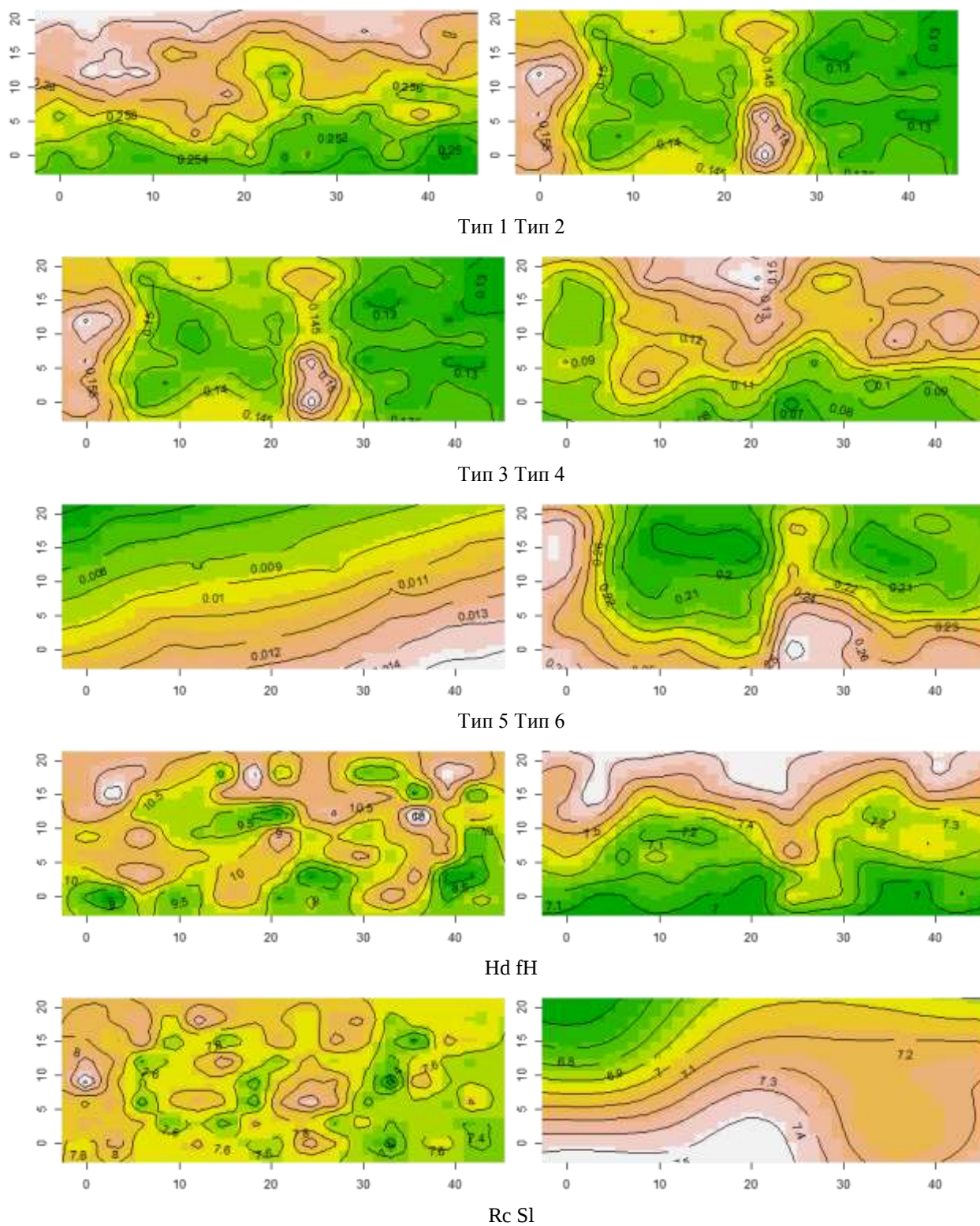


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у педоземах у 2012 р.

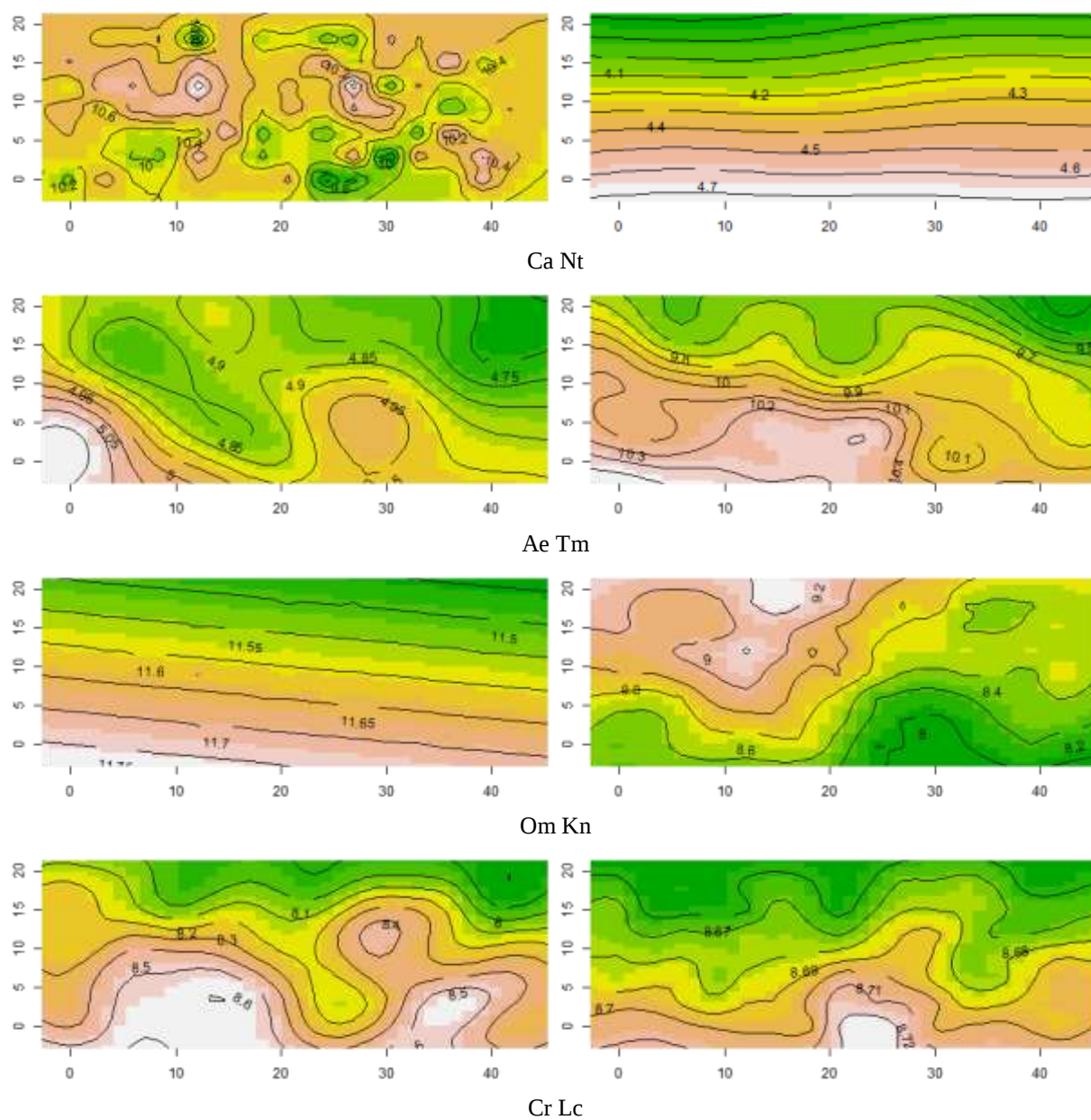


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморежиму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у педоземах у 2012 р.

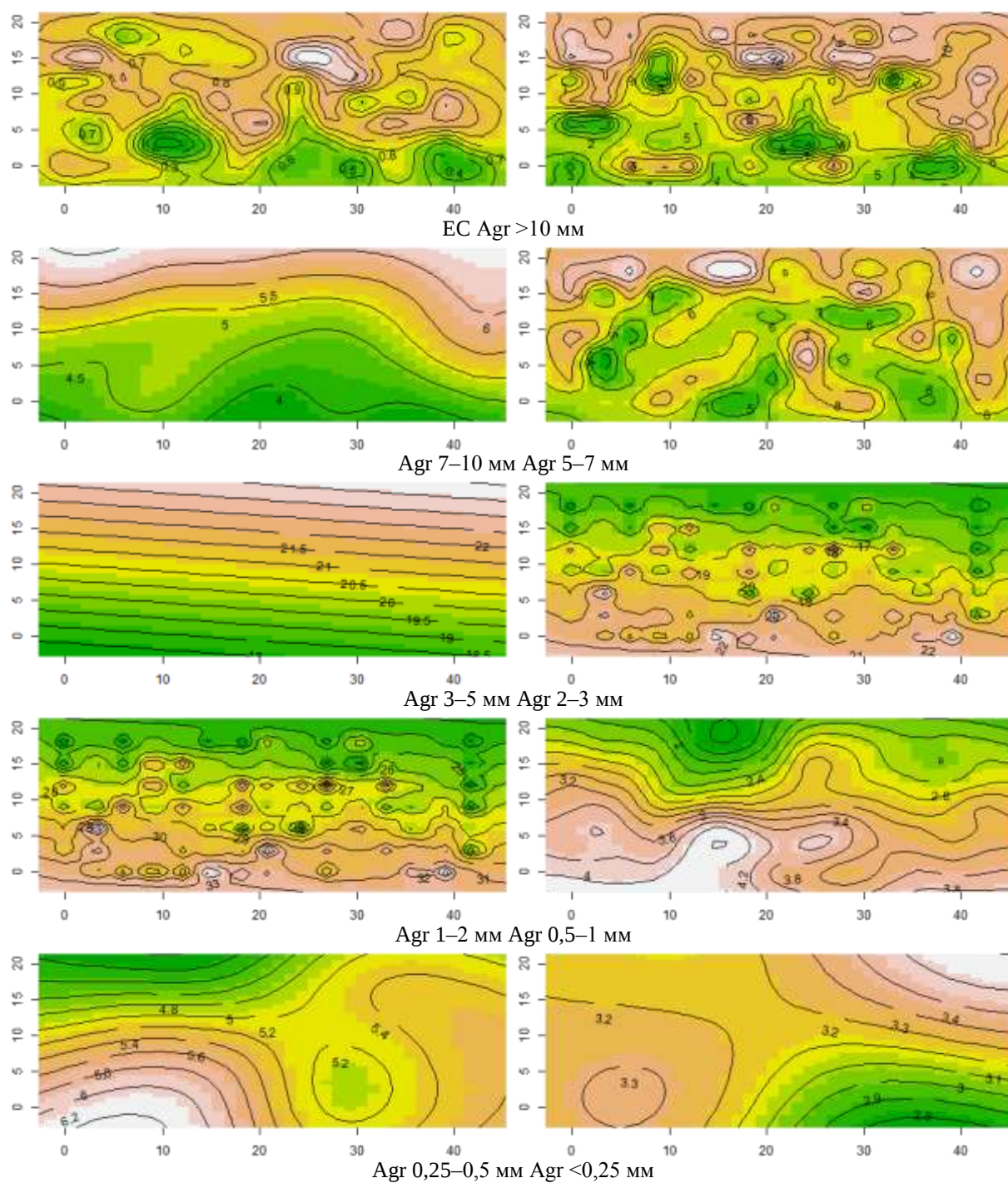


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у педоземах у 2013 р.

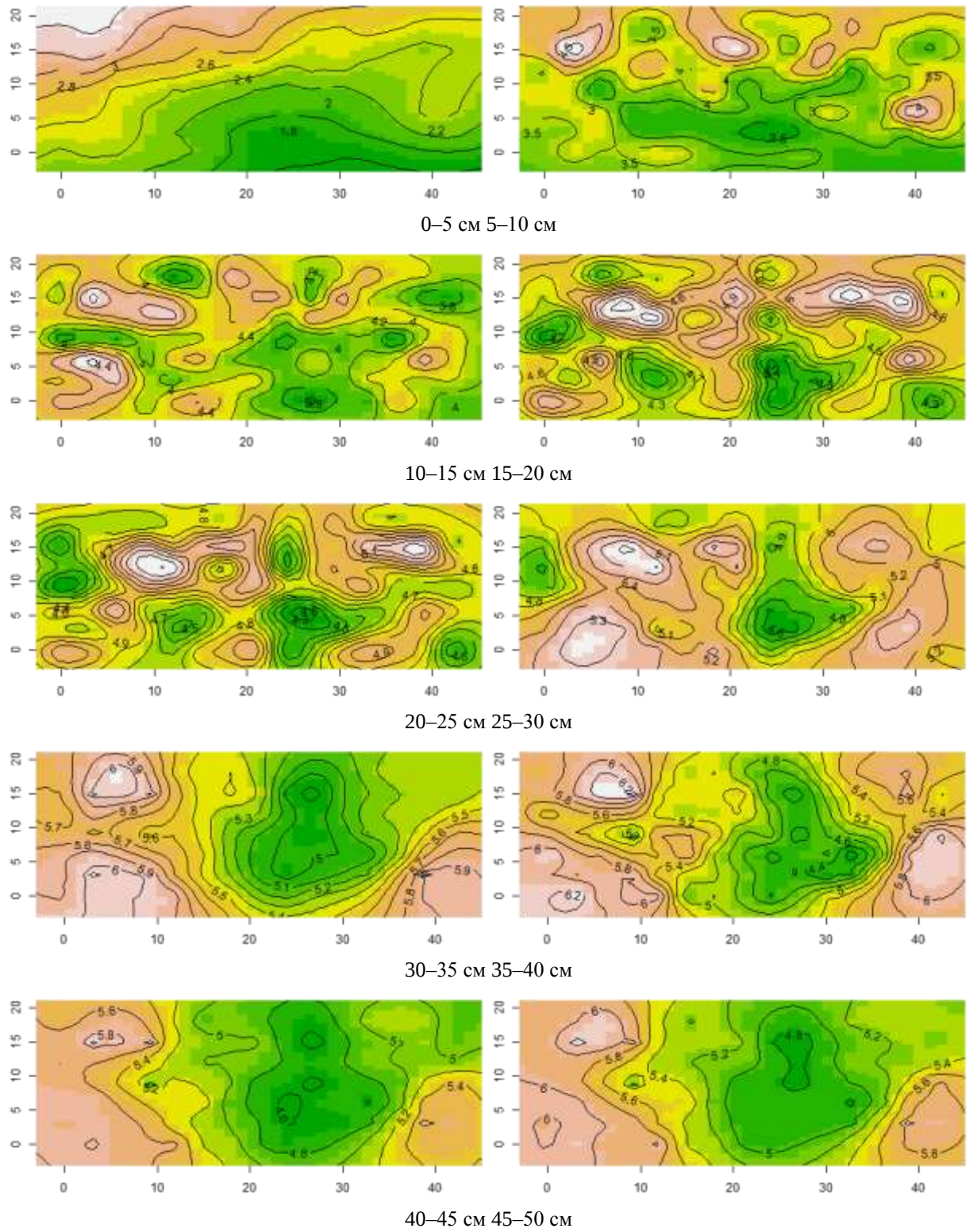


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у педоземах у 2013 р.

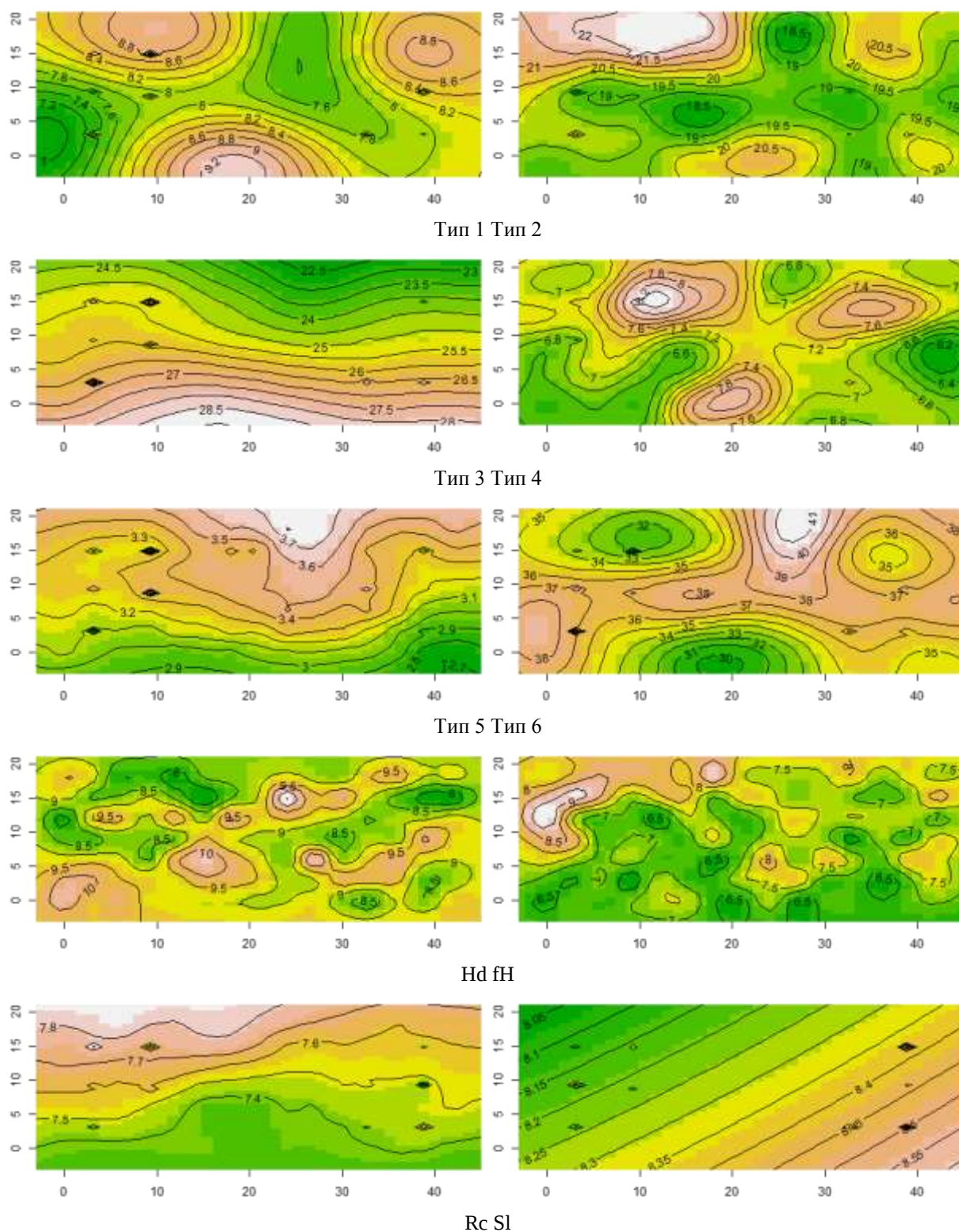


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у педоземах у 2013 р.

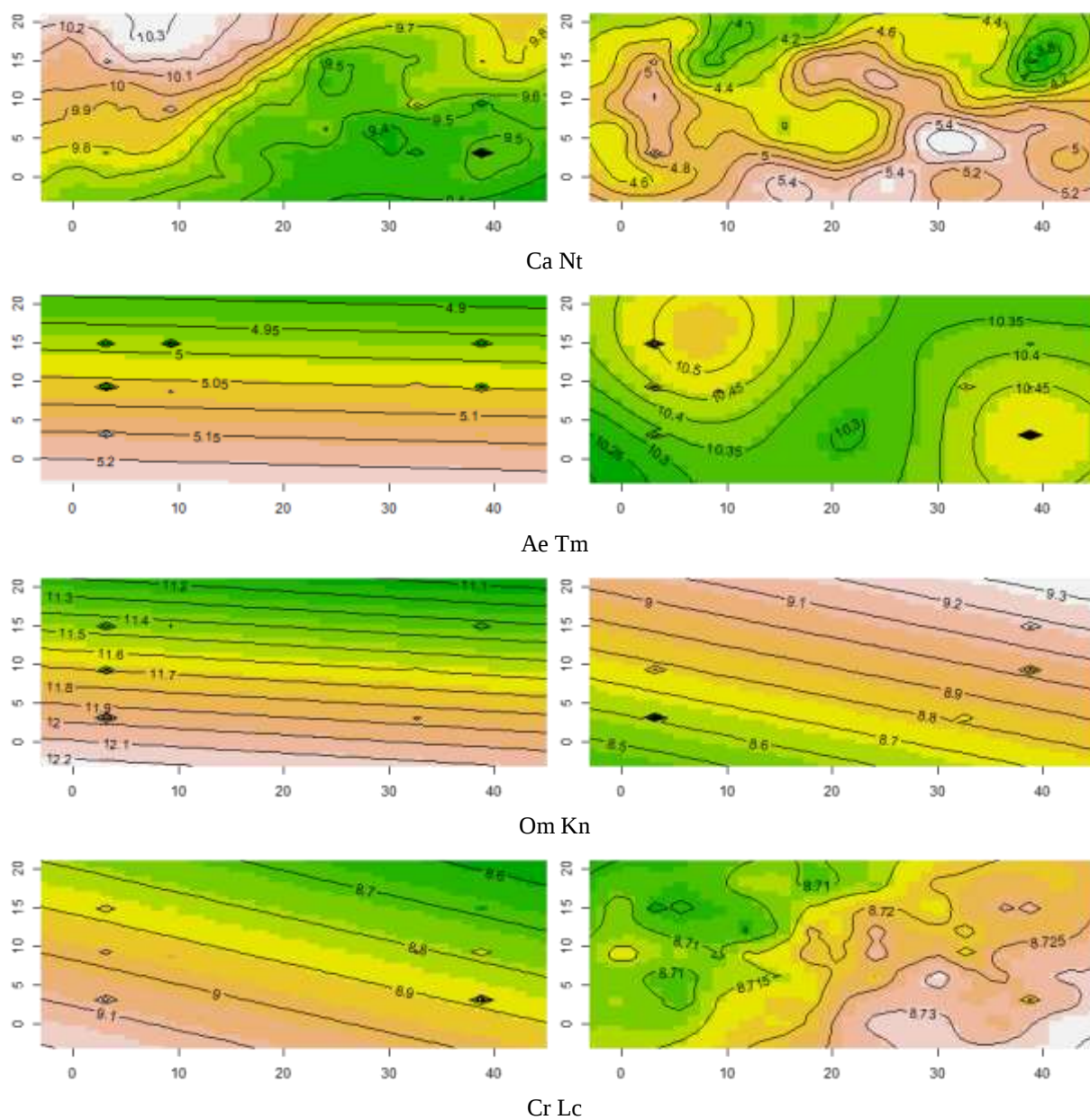


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморегіму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у педоземах у 2013 р.

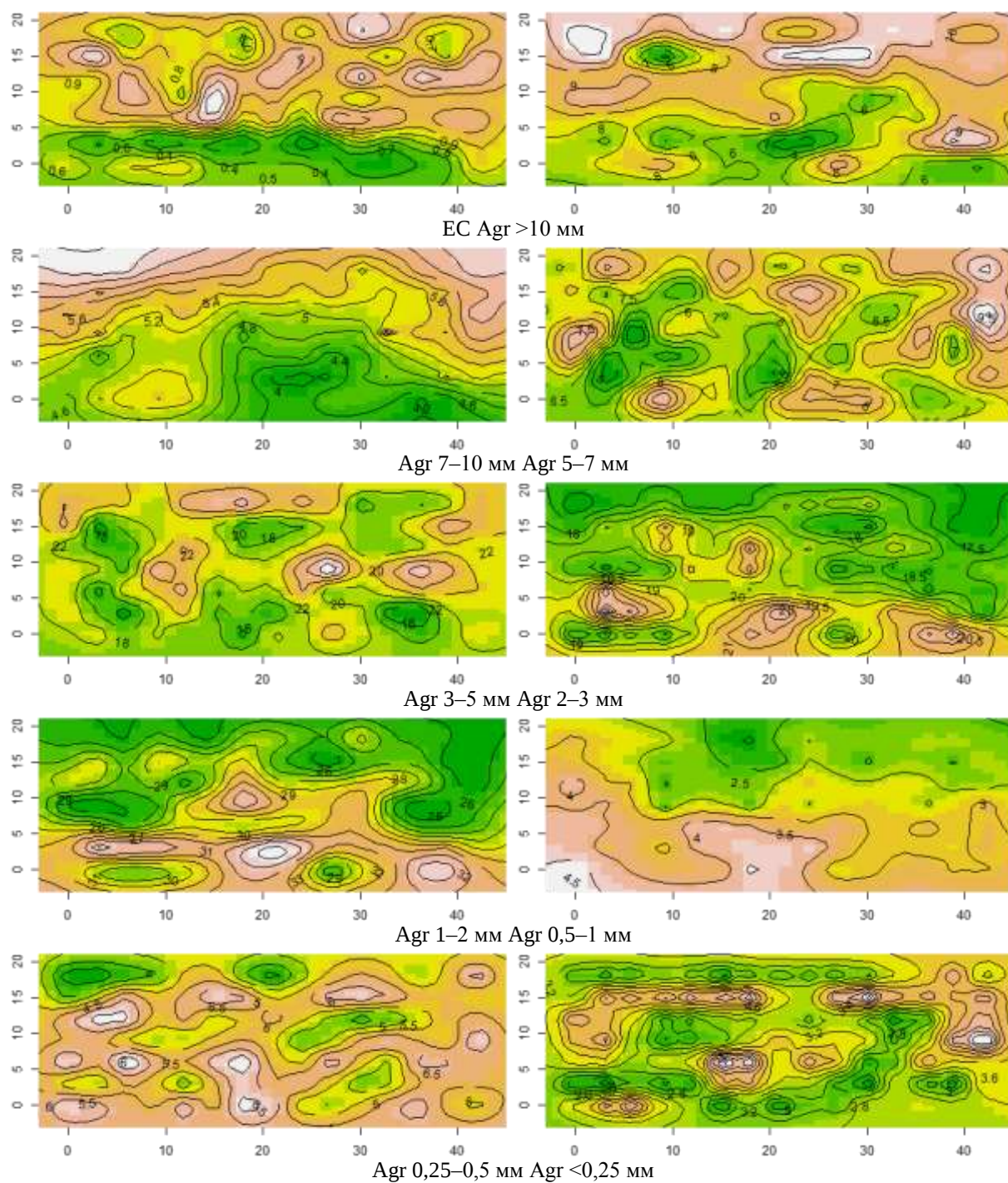


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у педоземах у 2014 р.

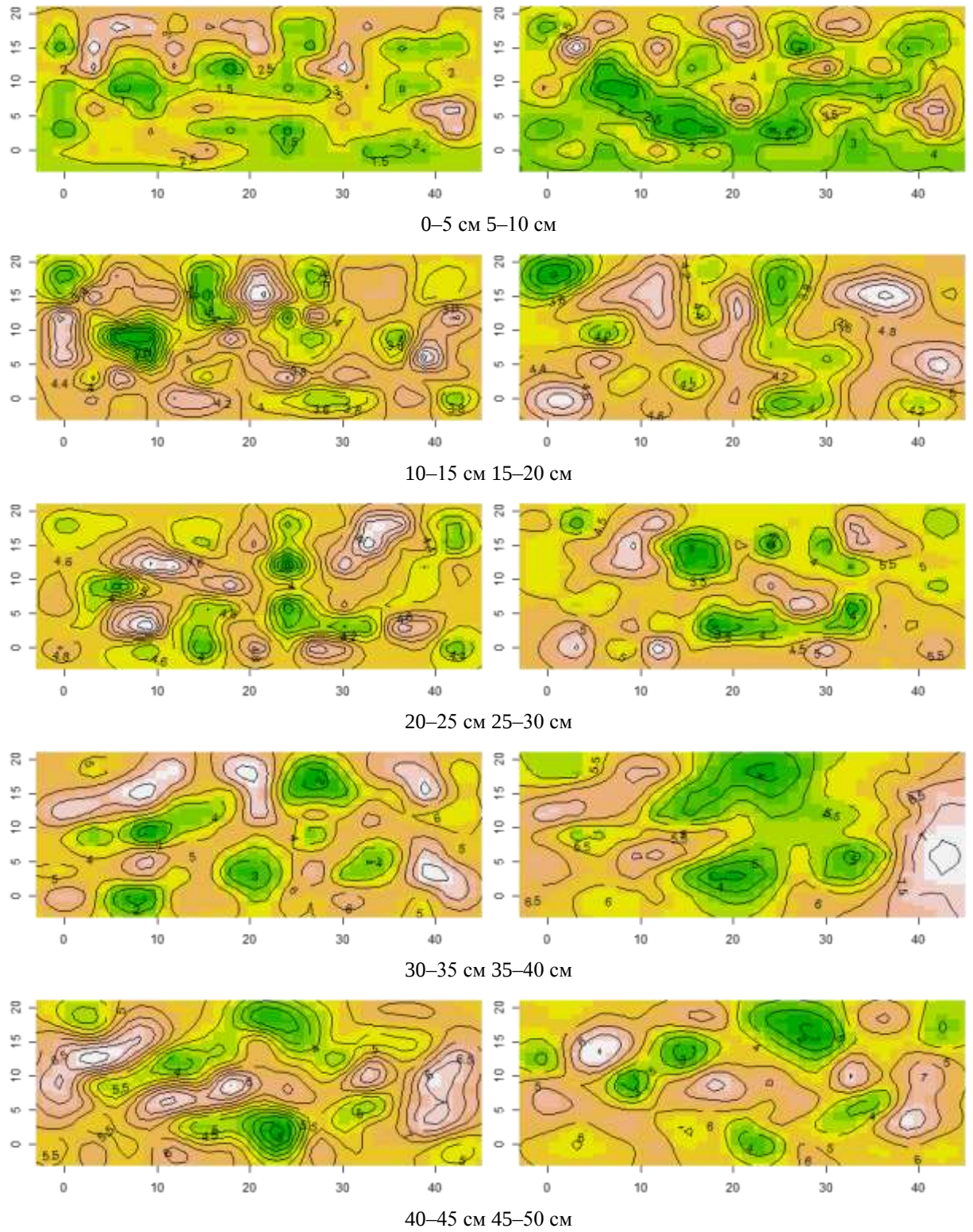


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у педоземах у 2014 р.

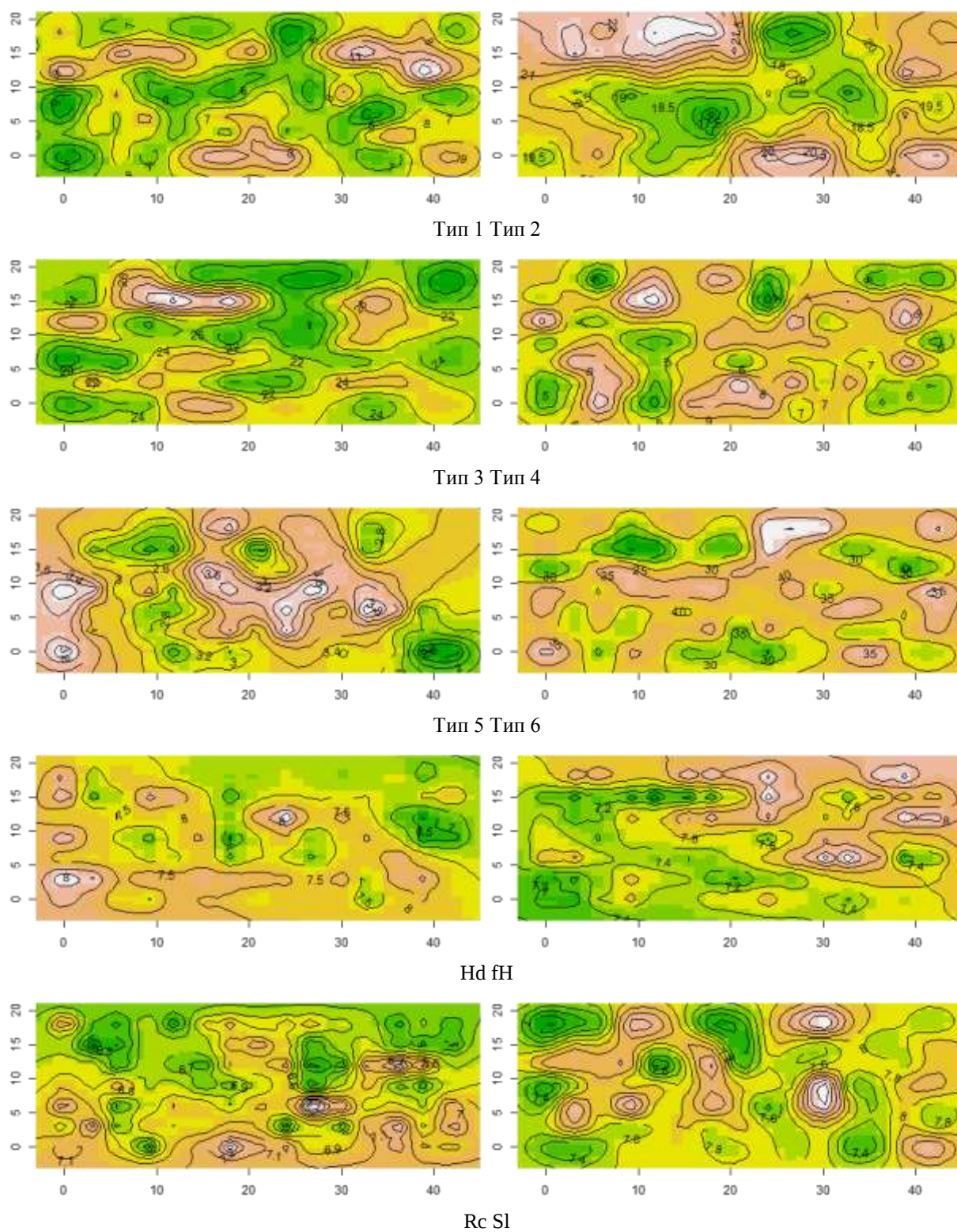


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у педоземах у 2014 р.

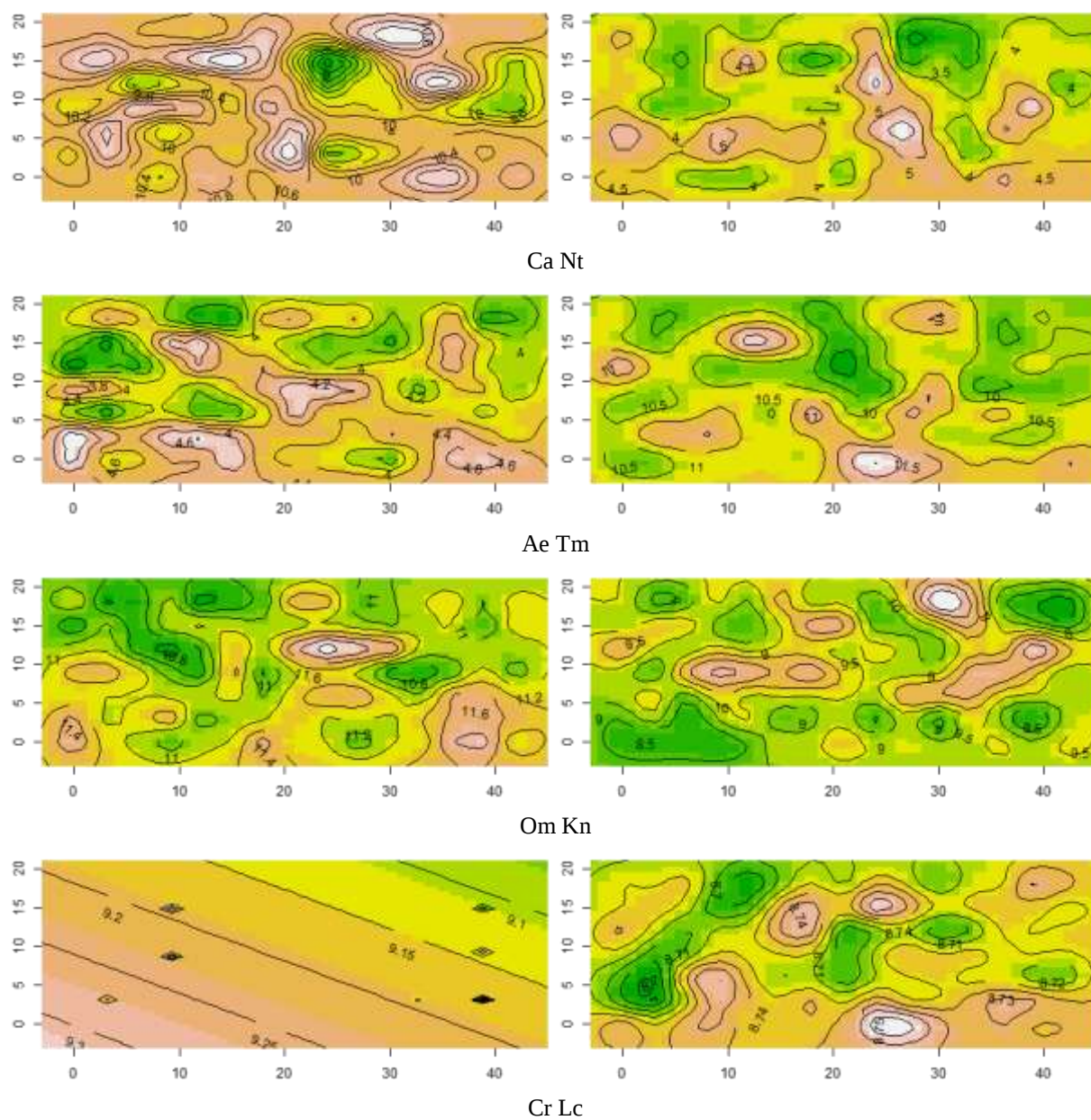


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморежиму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у педоземах у 2014 р.

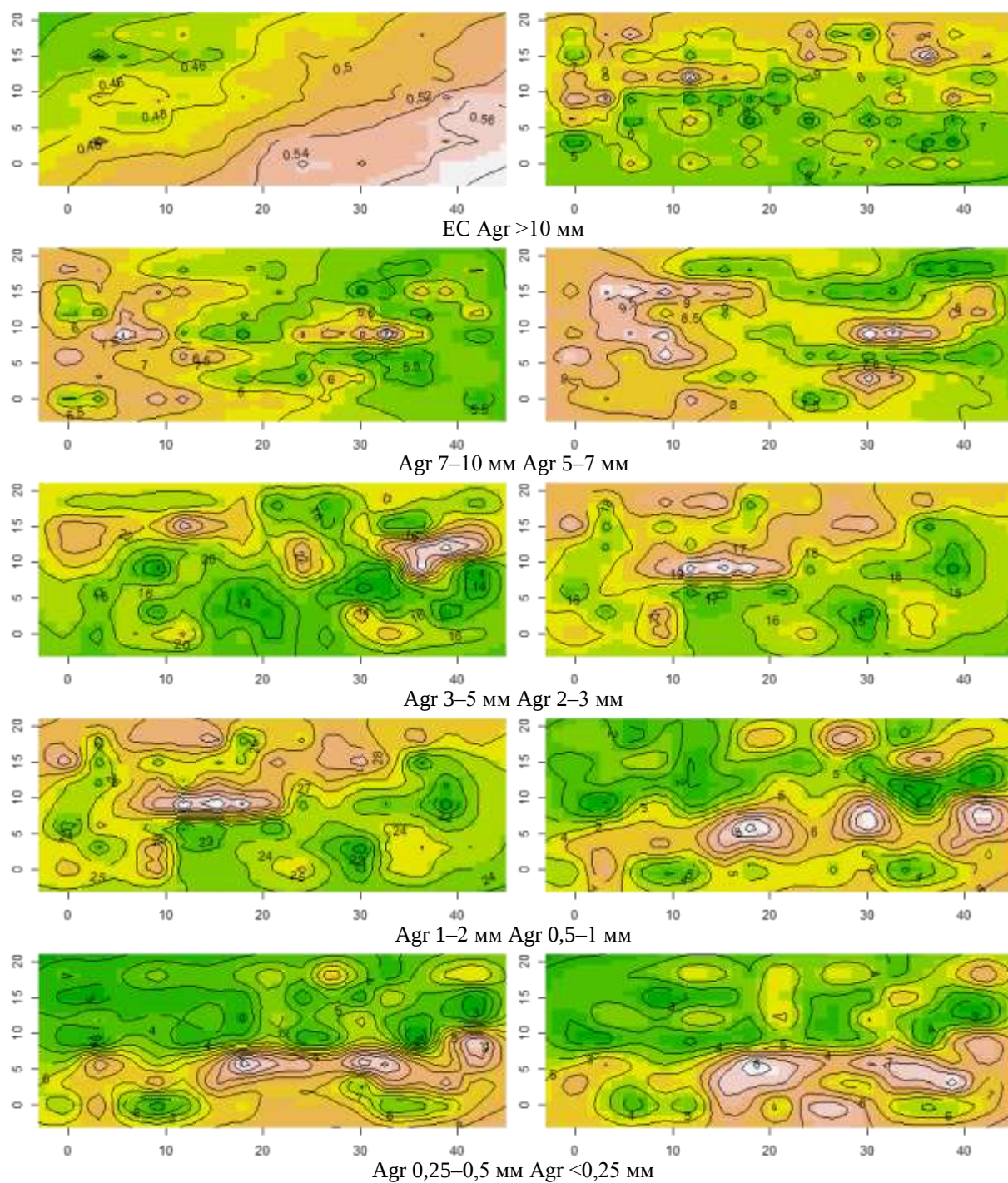


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2012 р.

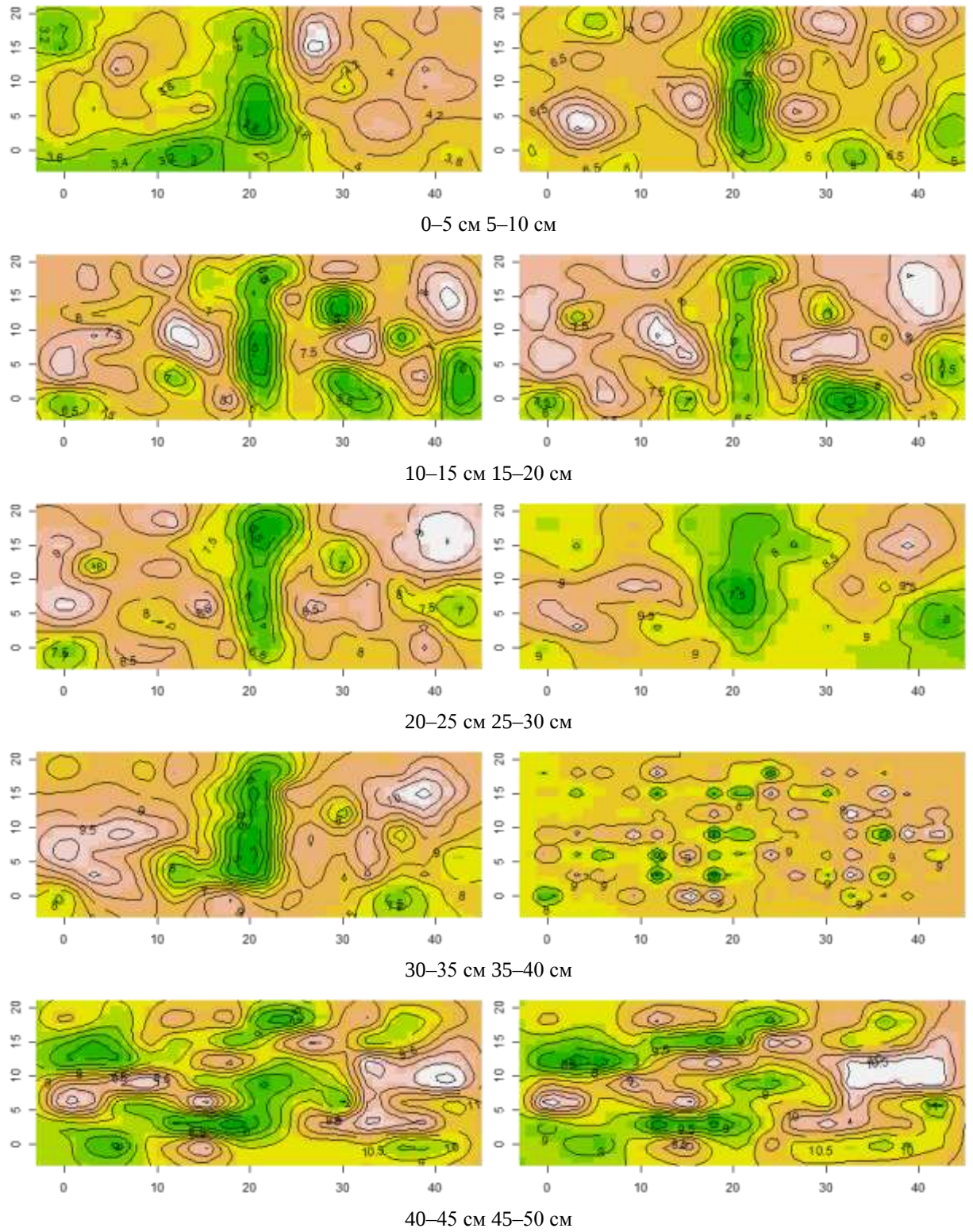


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2012 р.

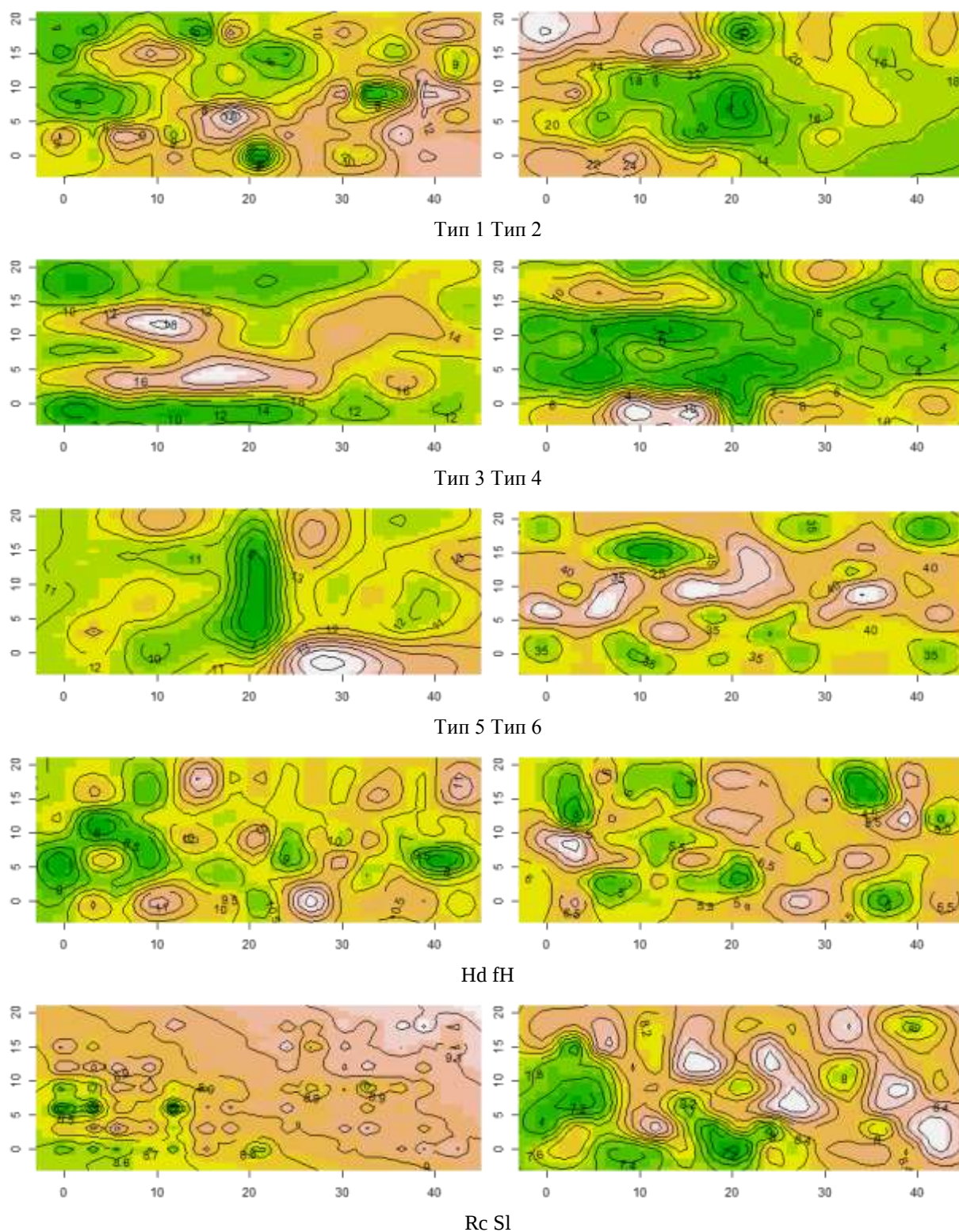


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2012 р.

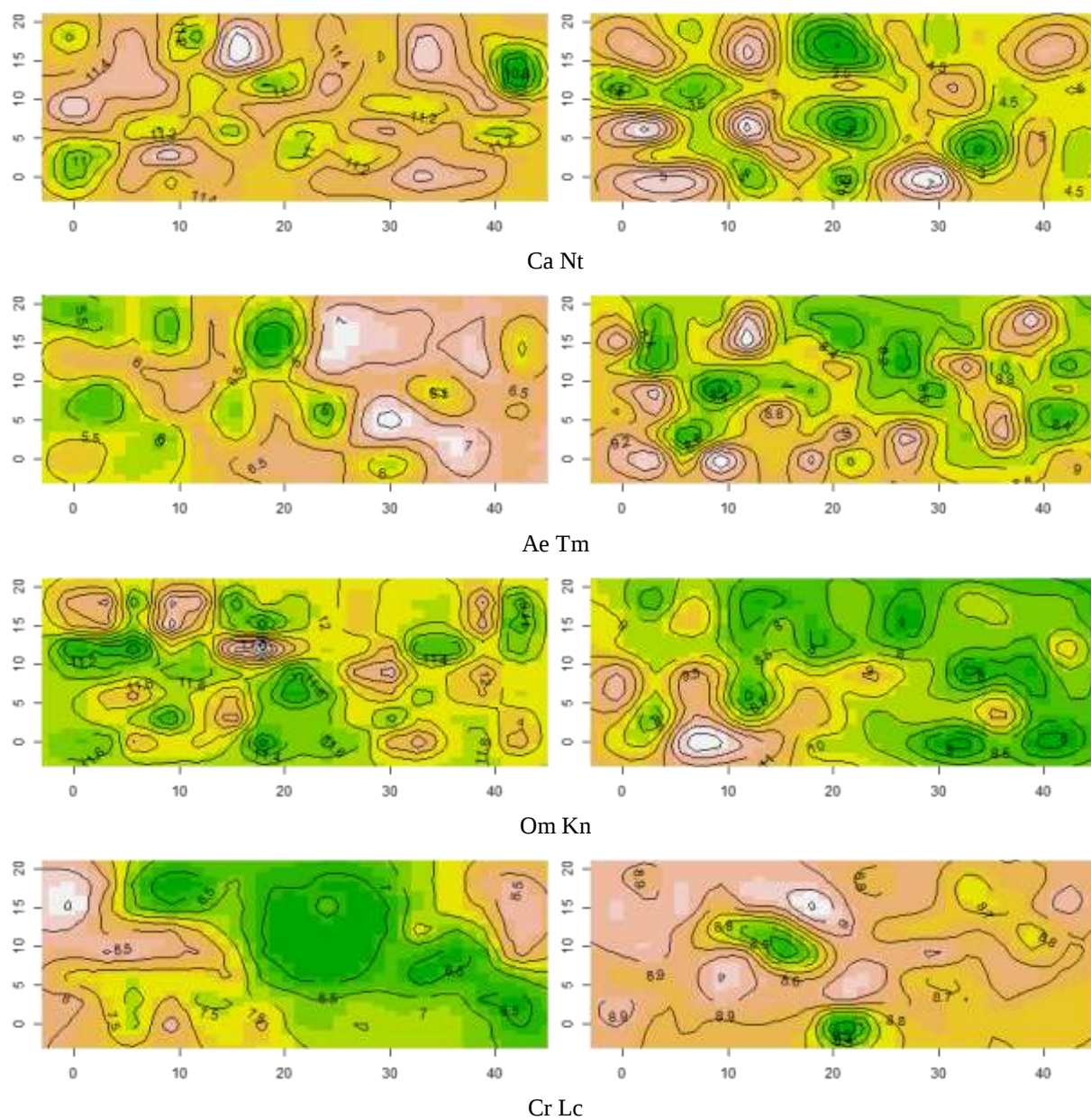


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморезиму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2012 р.

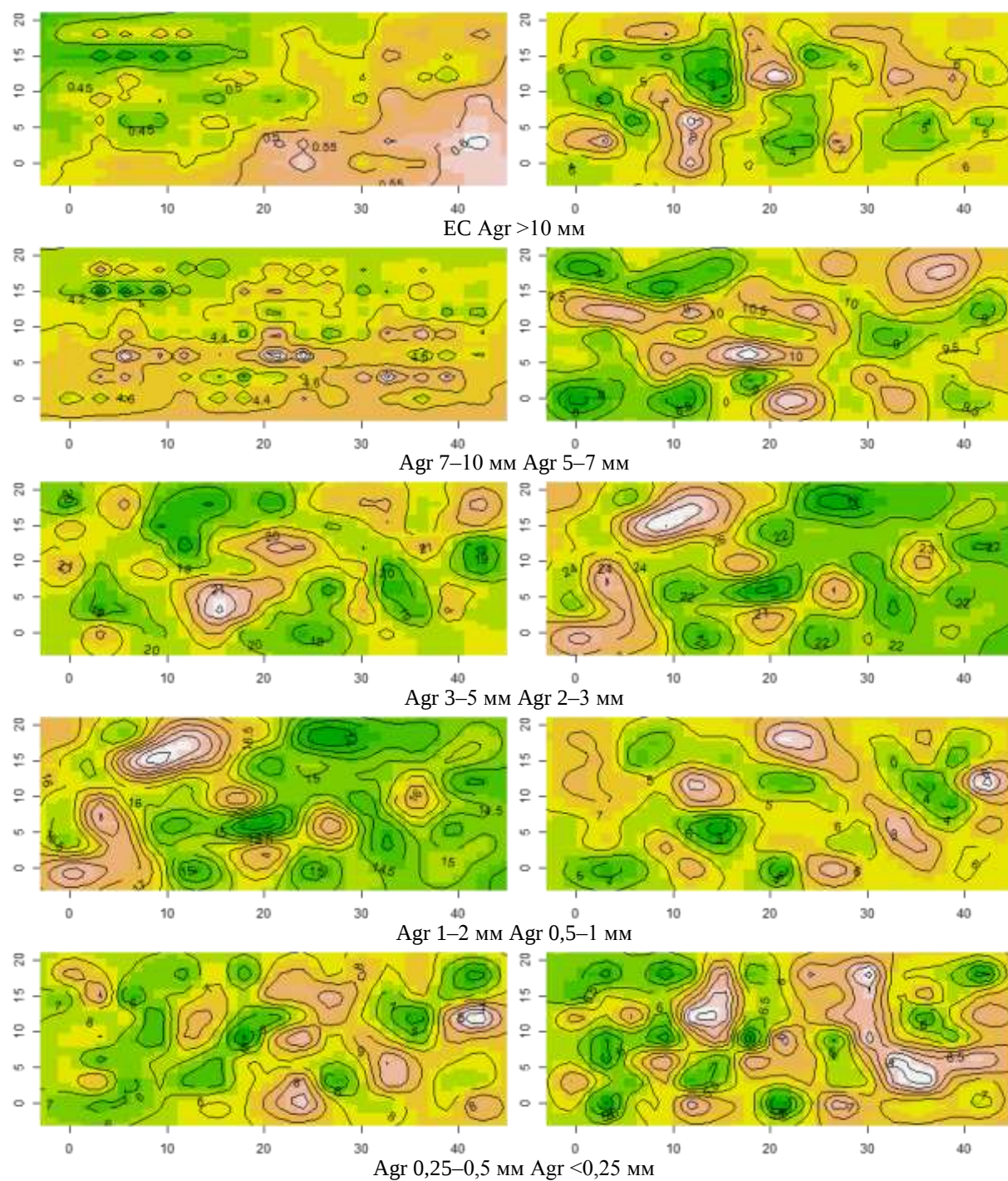


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2013 р.

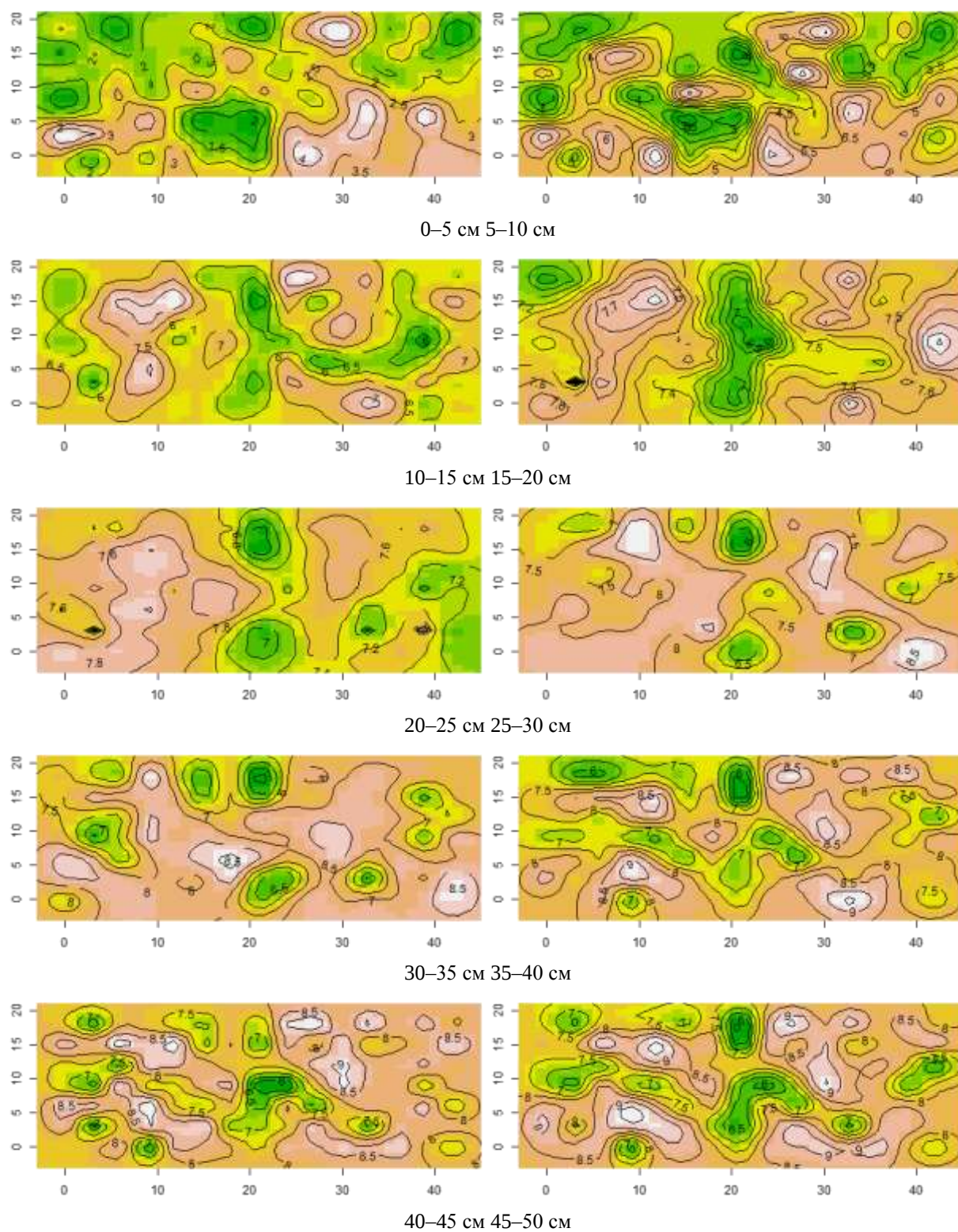


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2013 р.

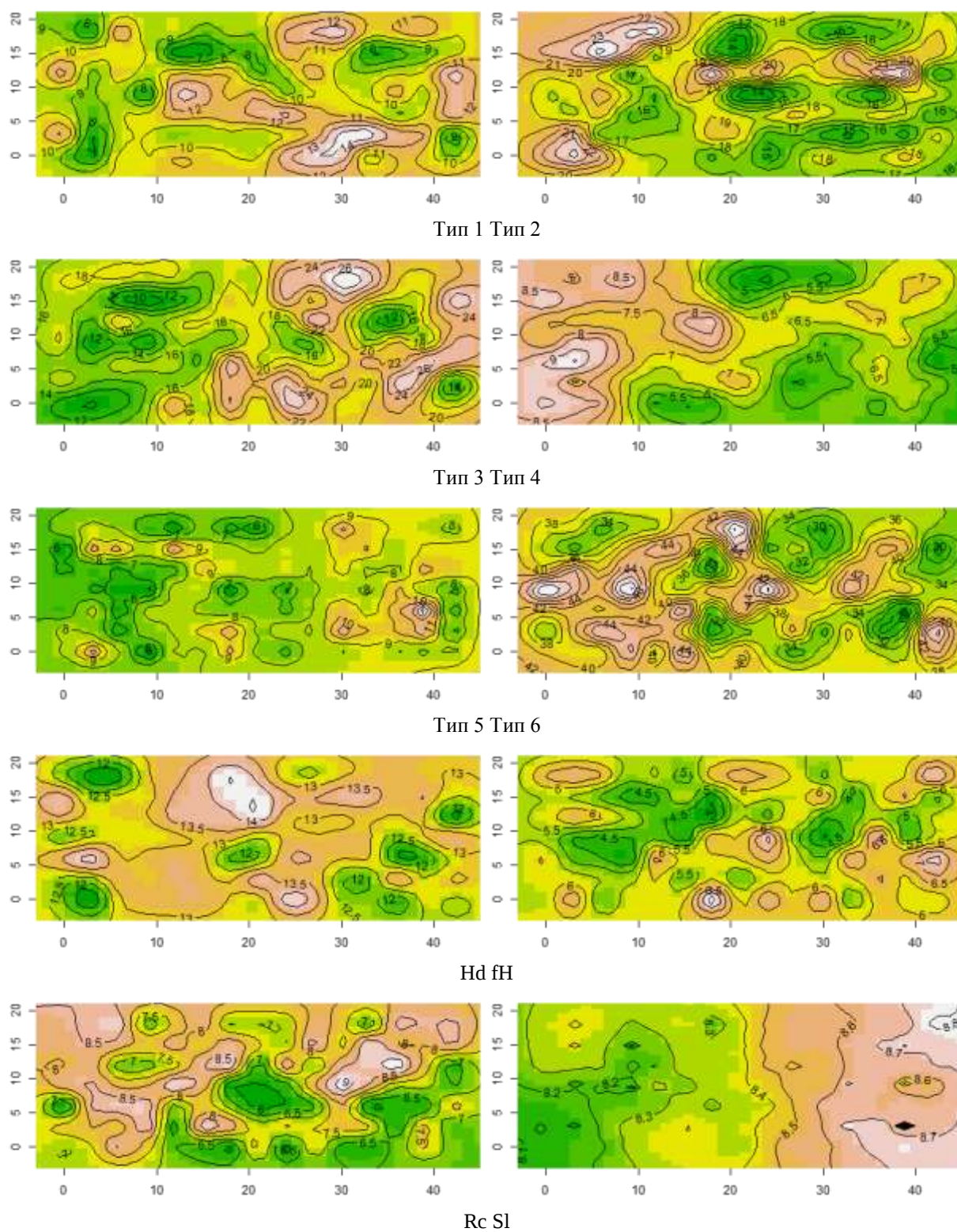


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2013 р.

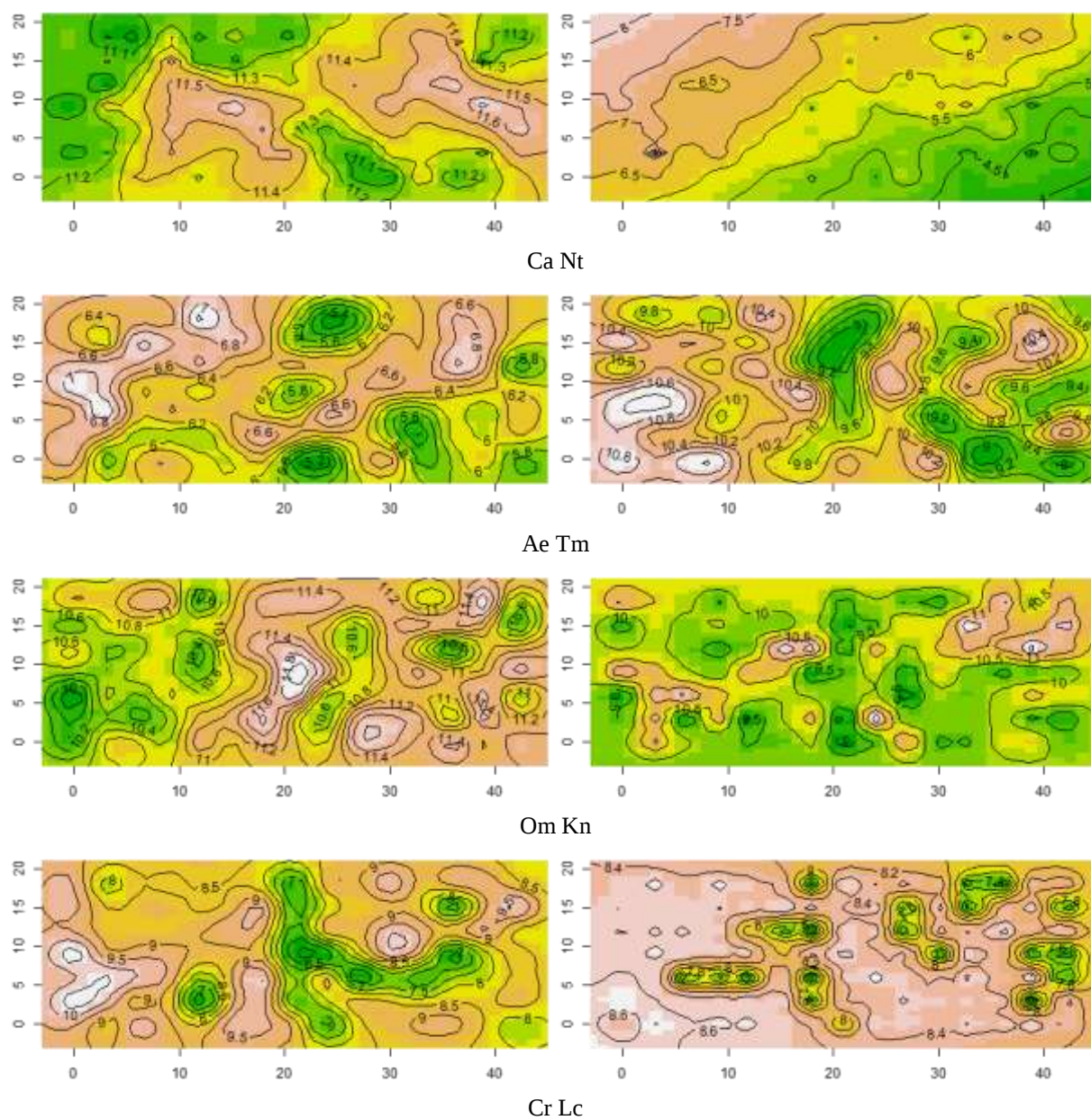


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморегіму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2013 р.

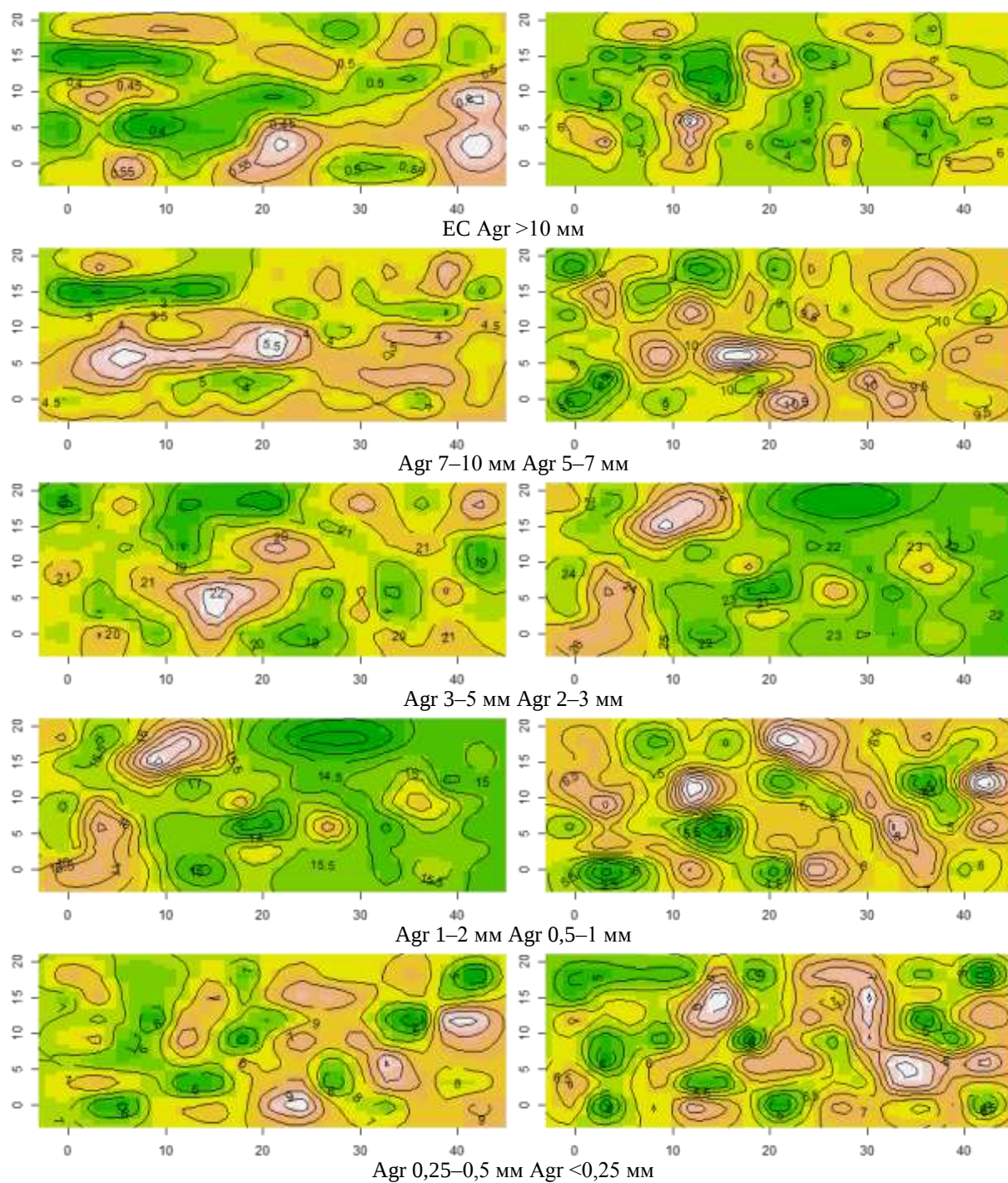


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2014 р.

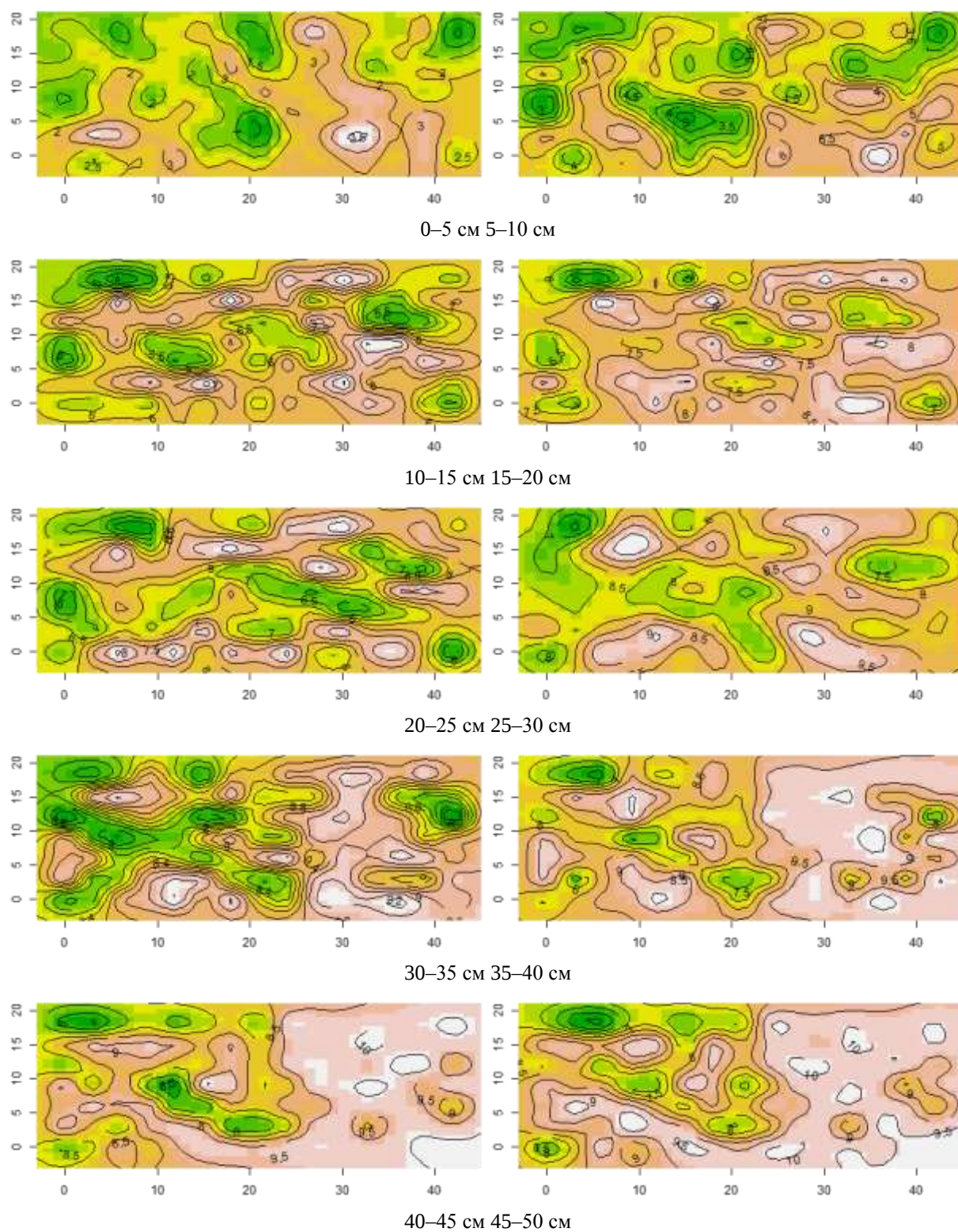


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2014 р.

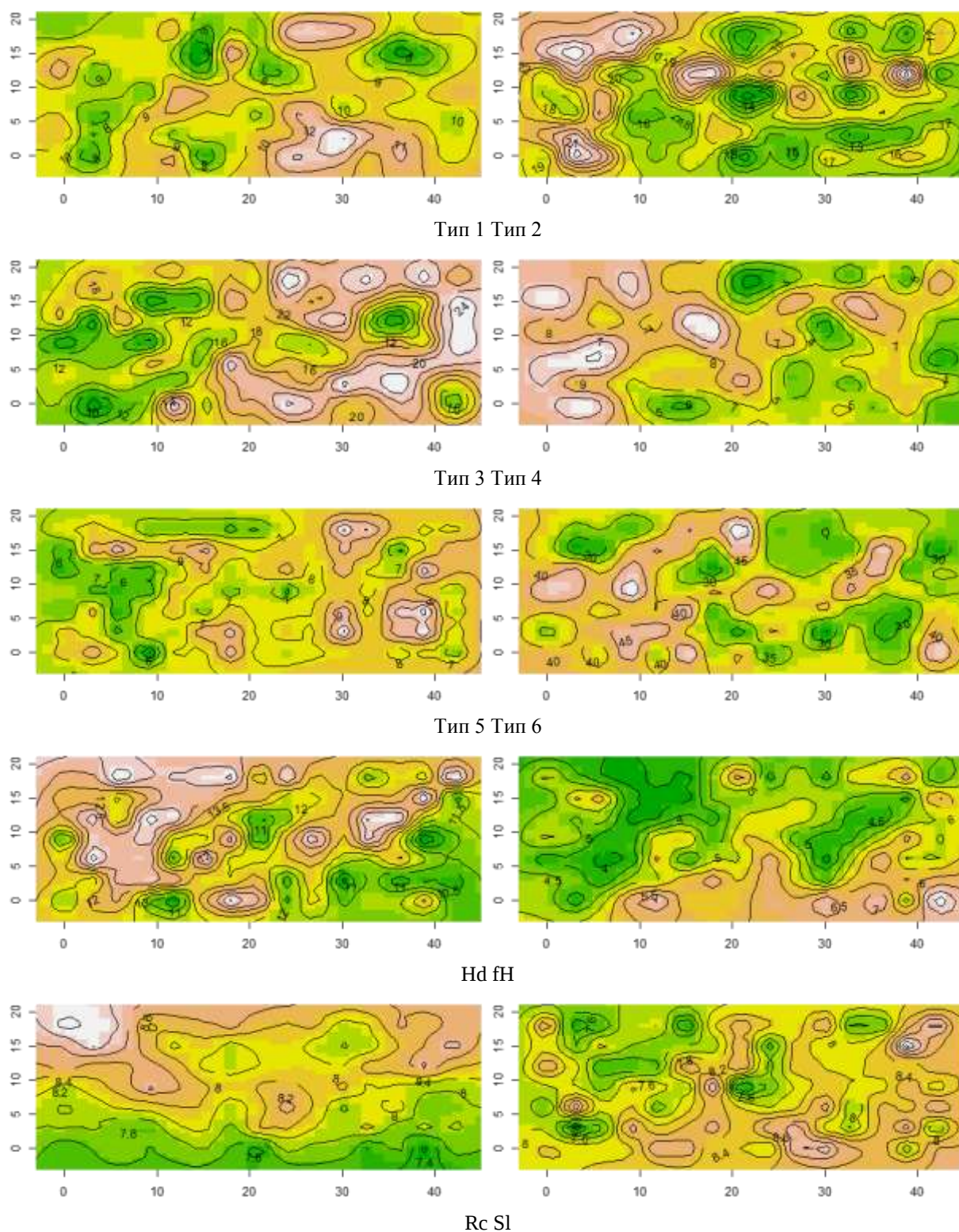


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2014 р.

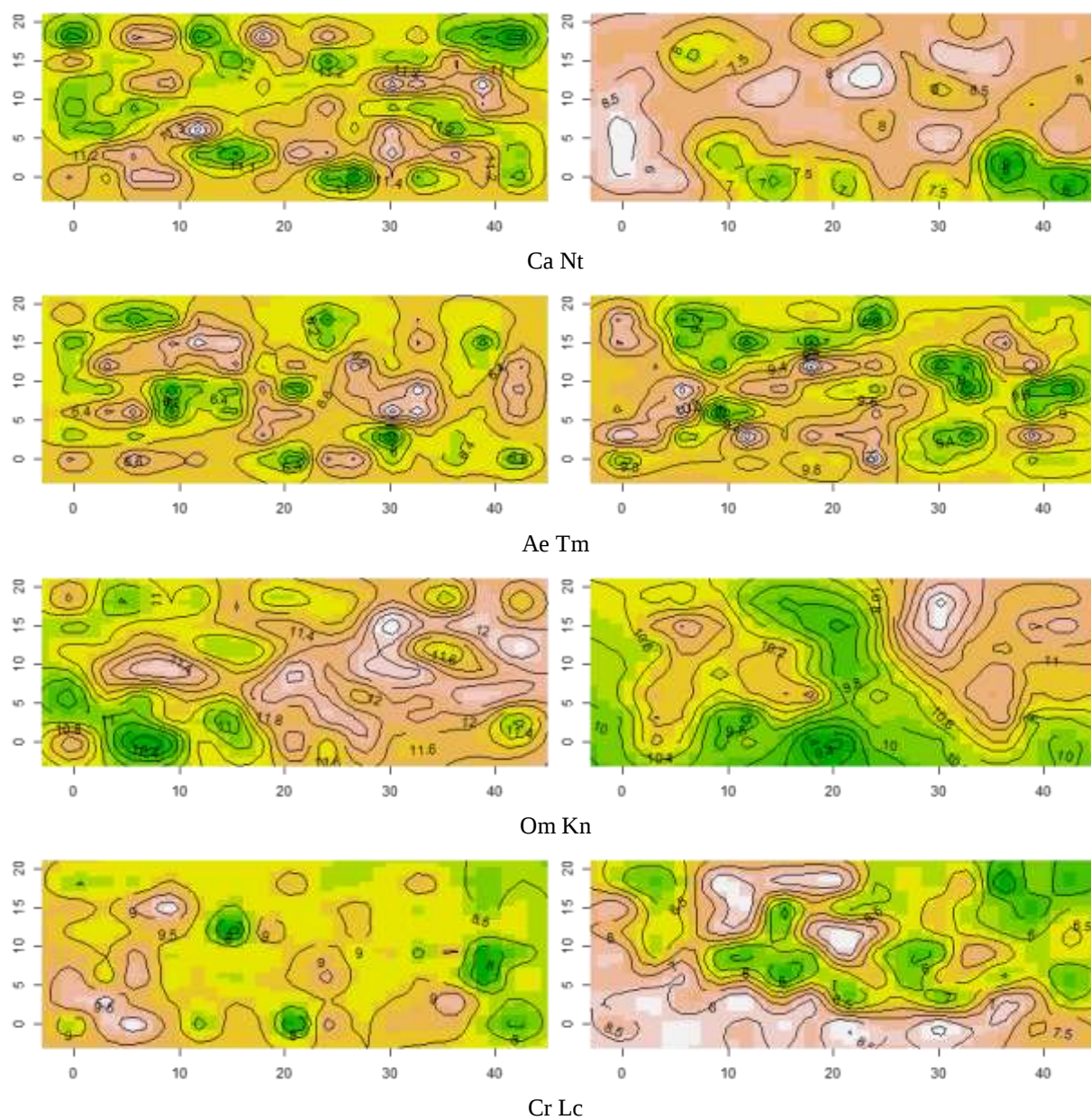


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморегіму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках у 2014 р.

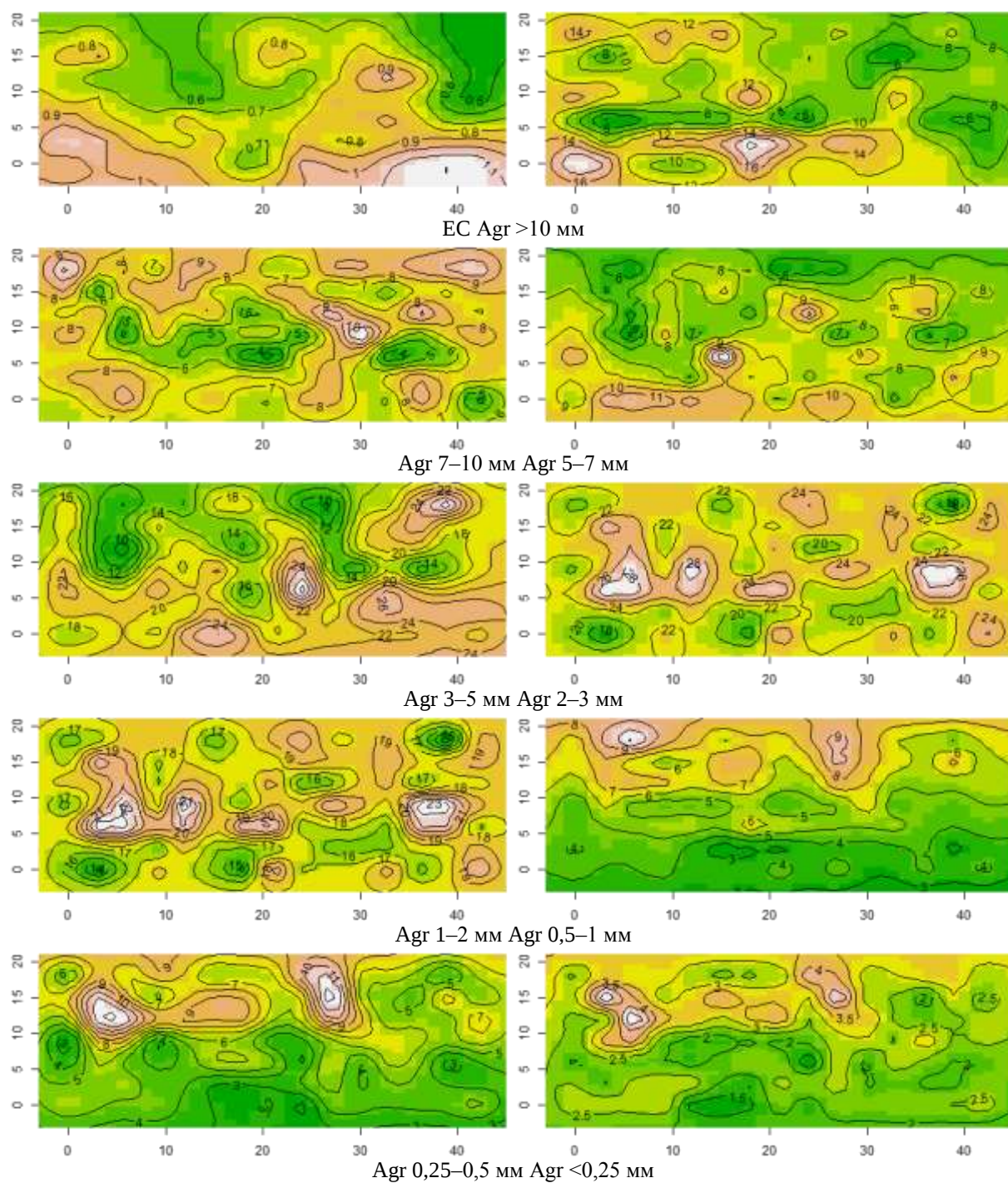


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2012 р.

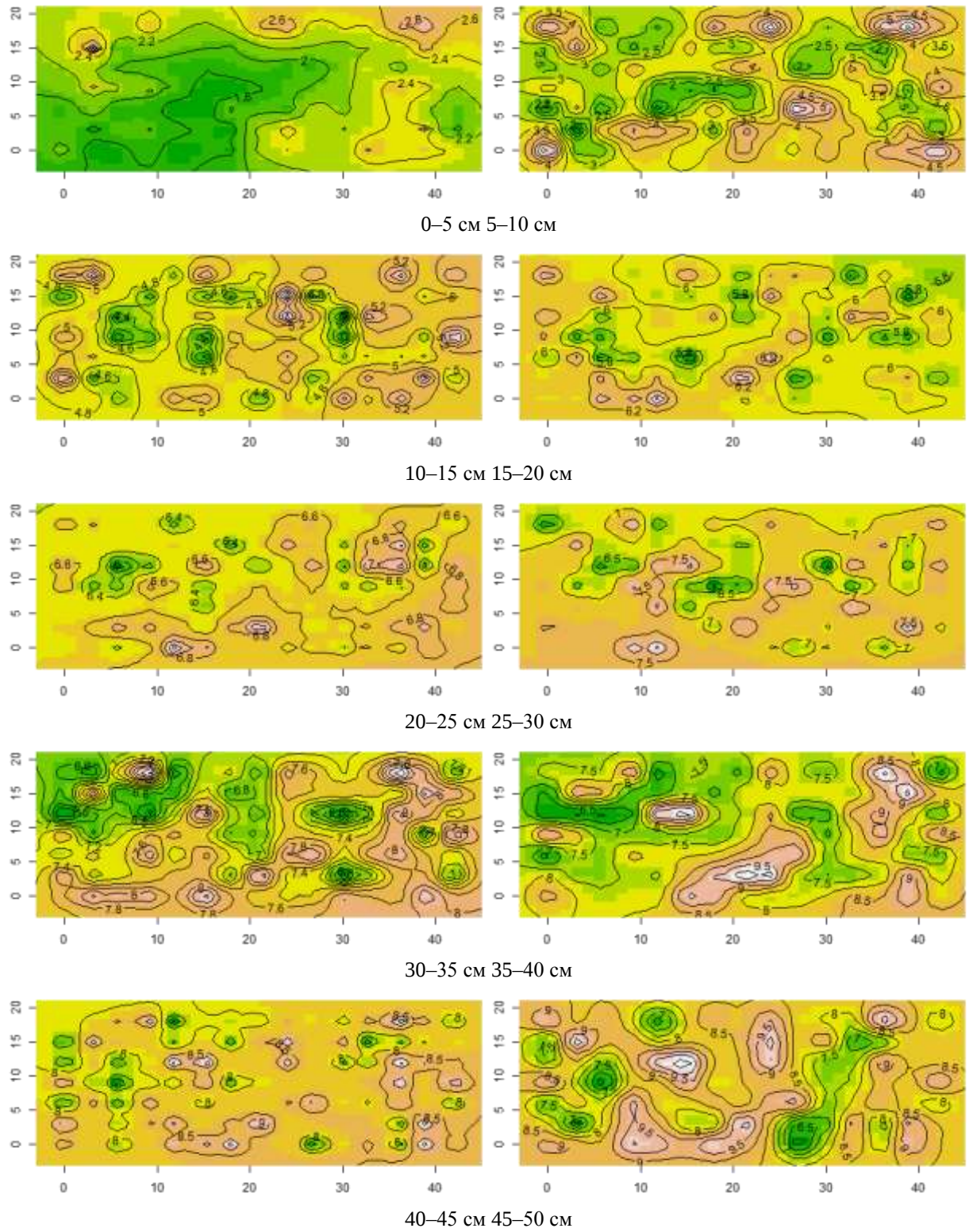


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2012 р.

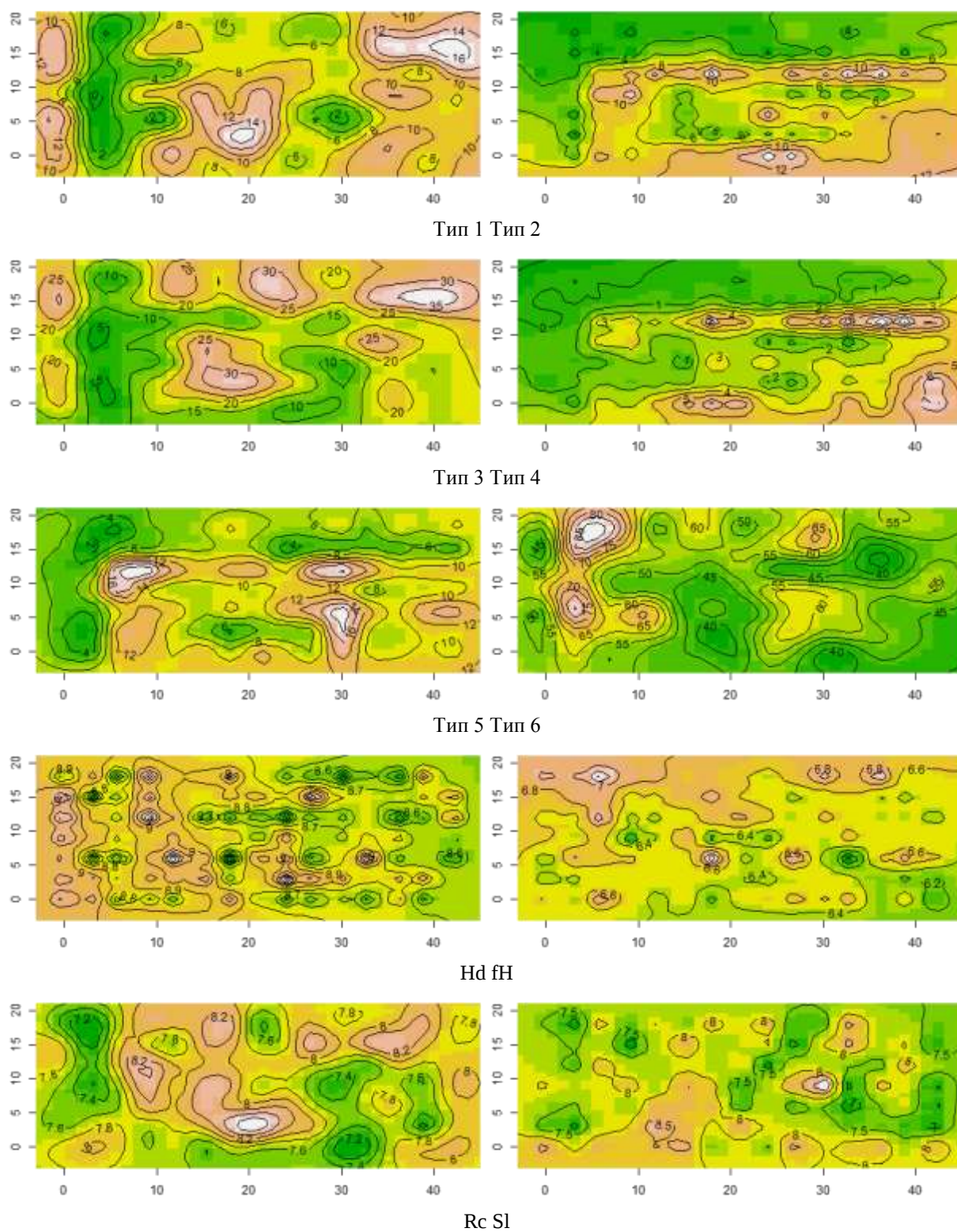


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2012 р.

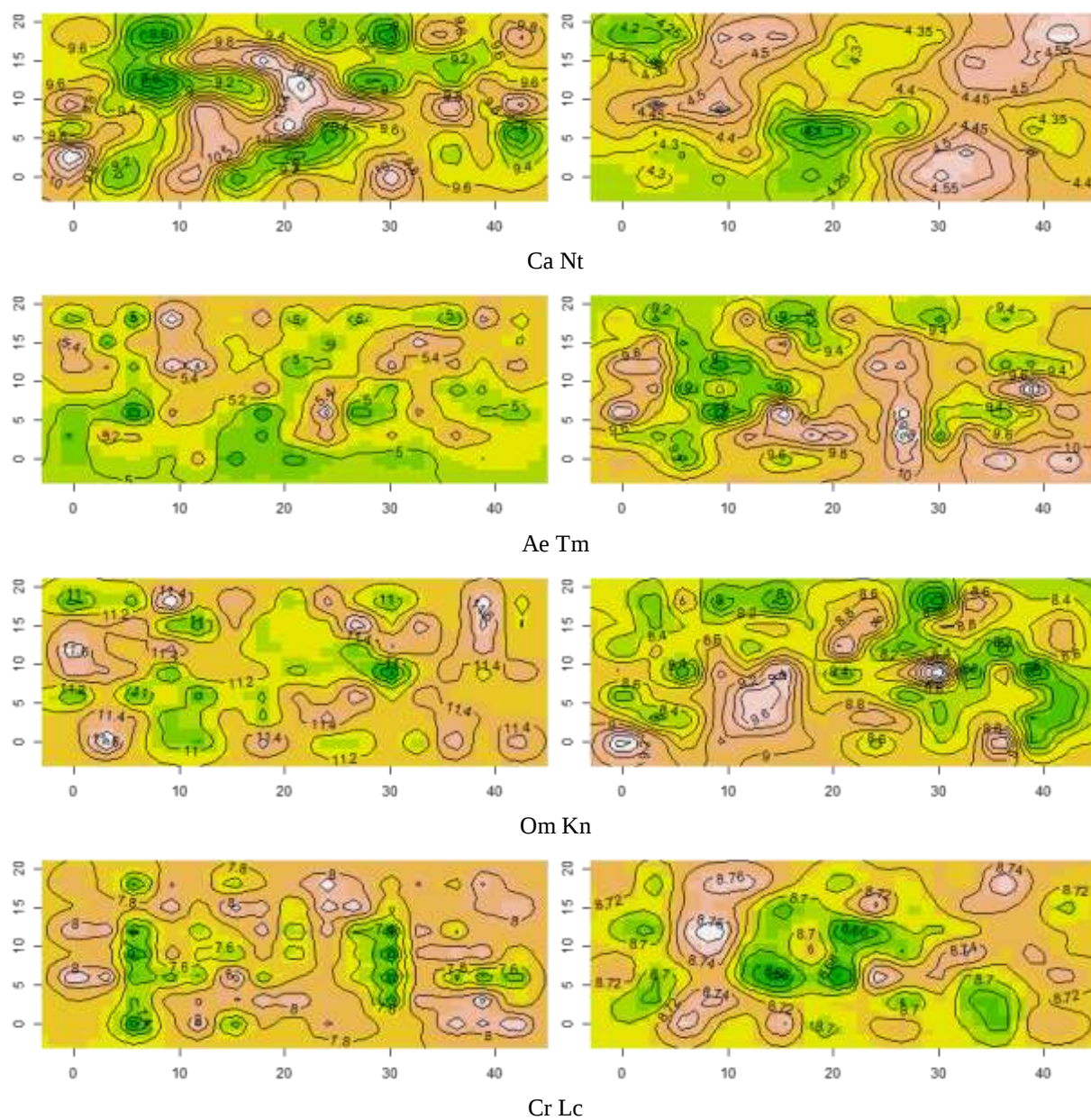


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморегіму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2012 р.

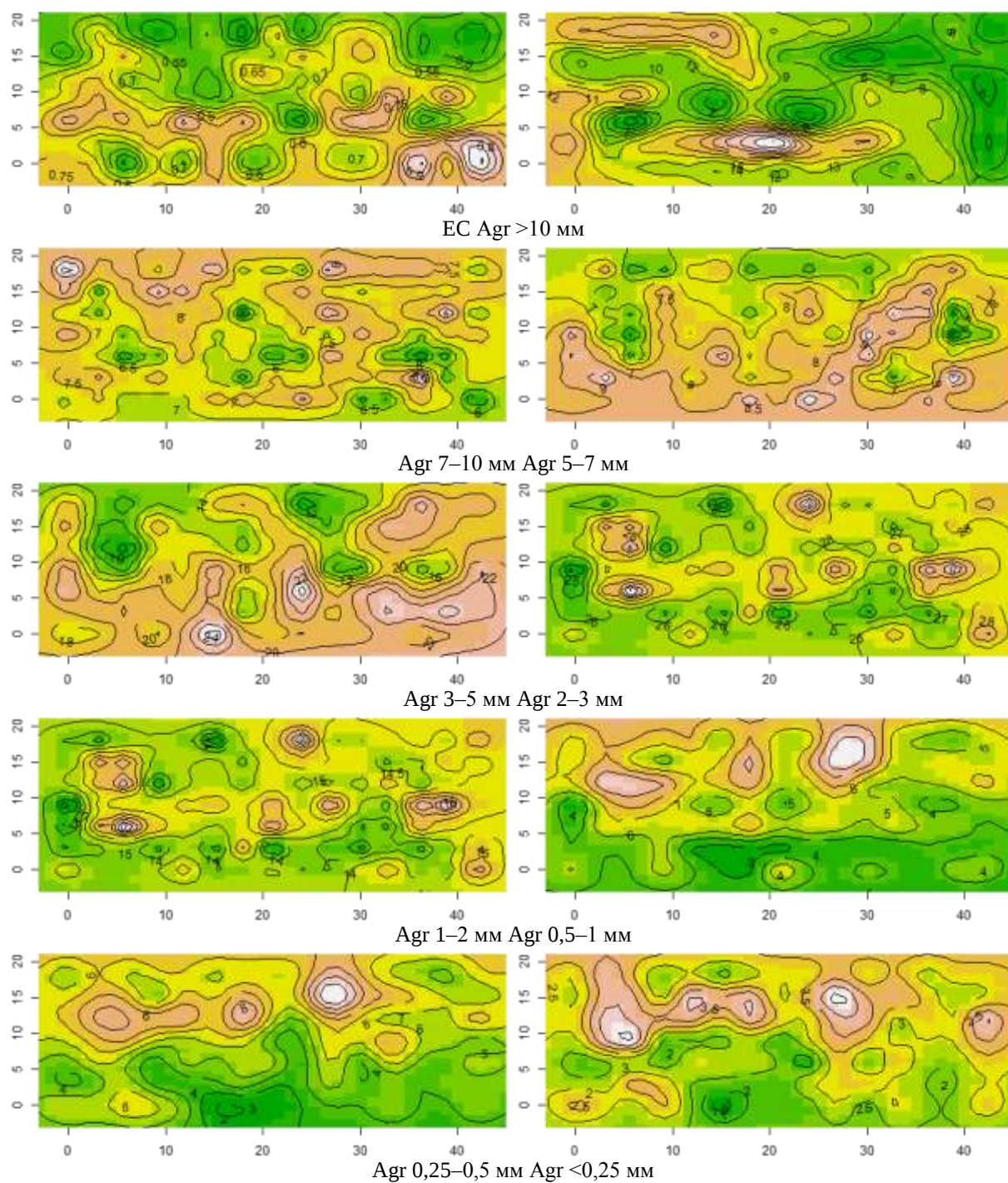


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2013 р.

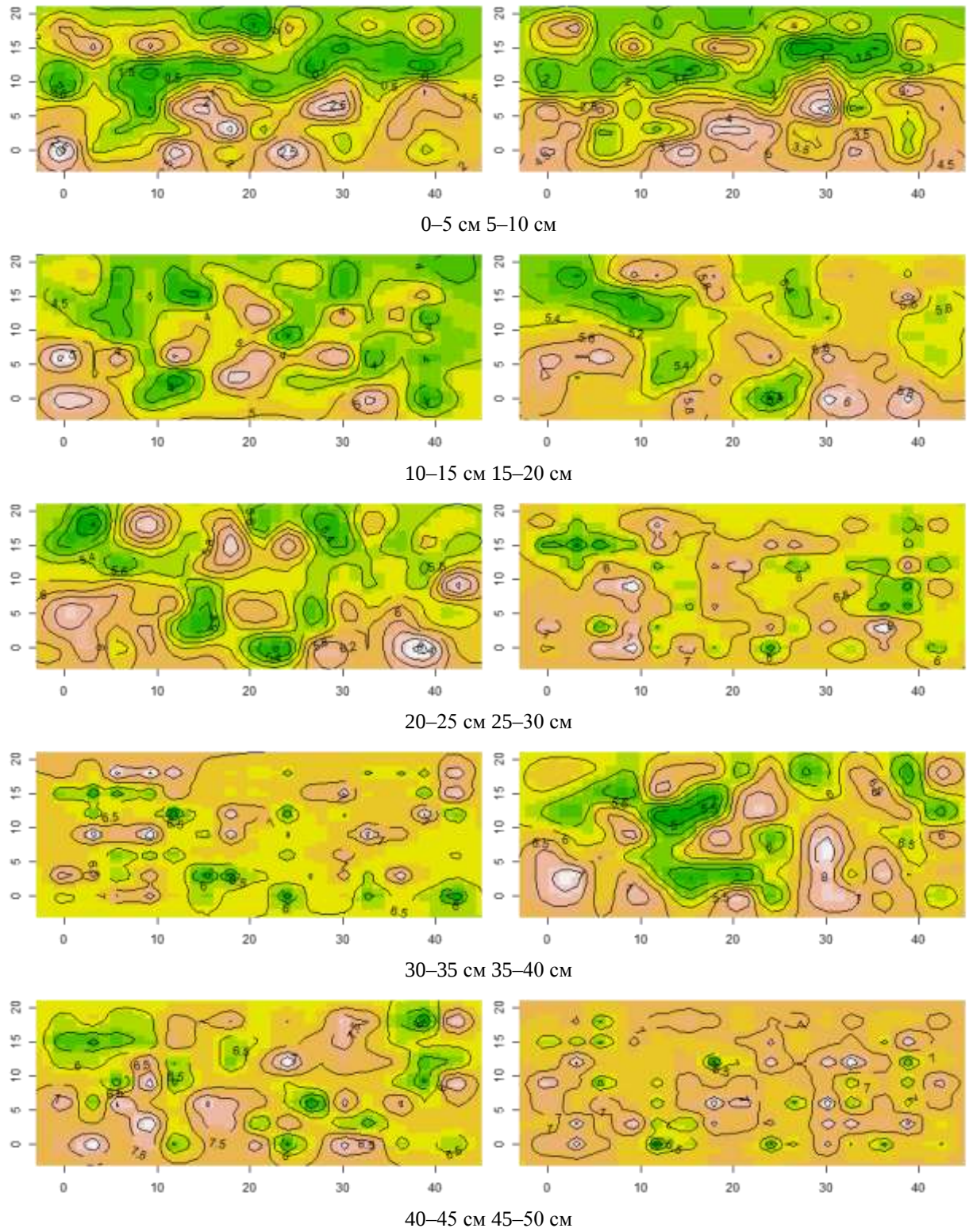


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2013 р.

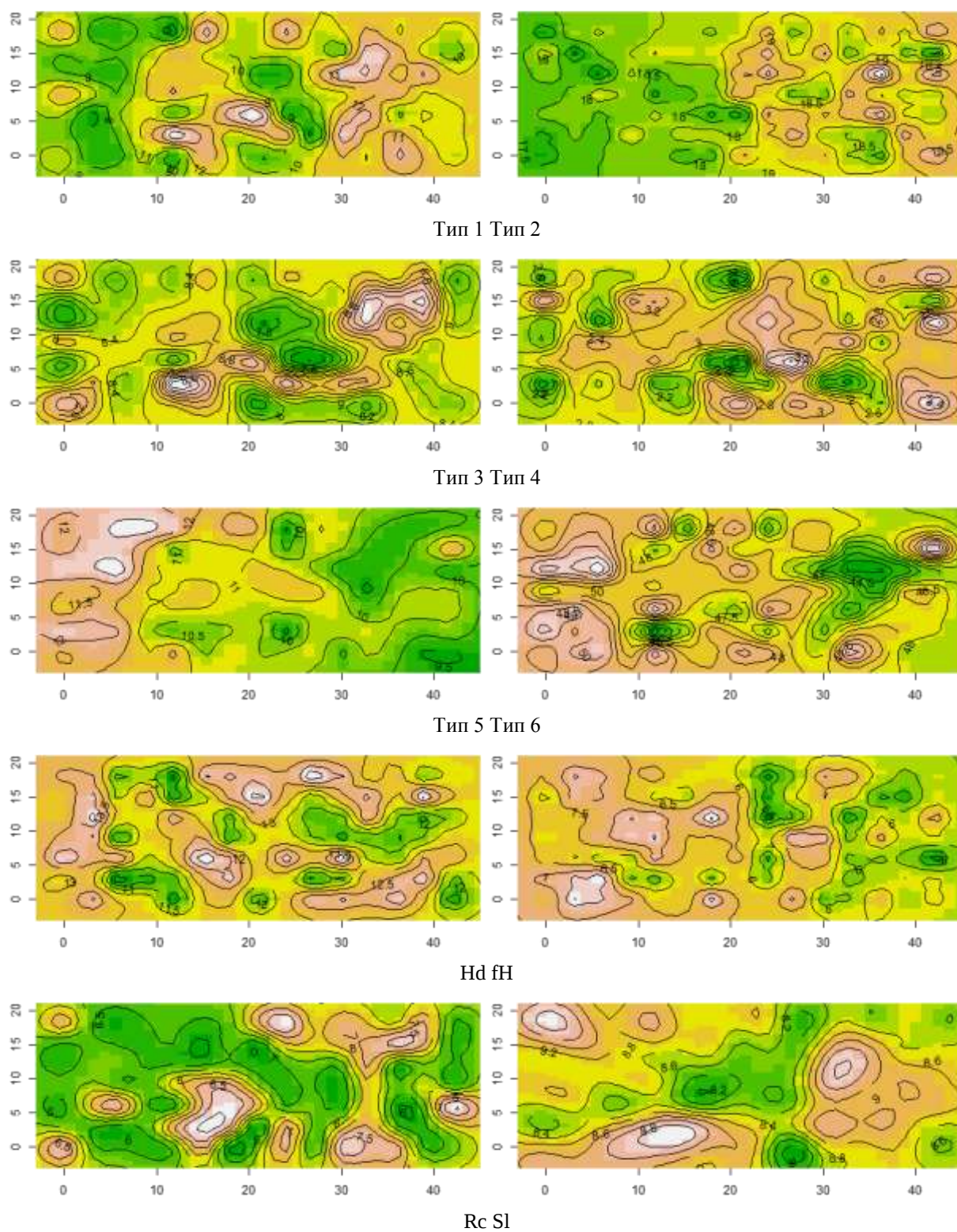


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2013 р.

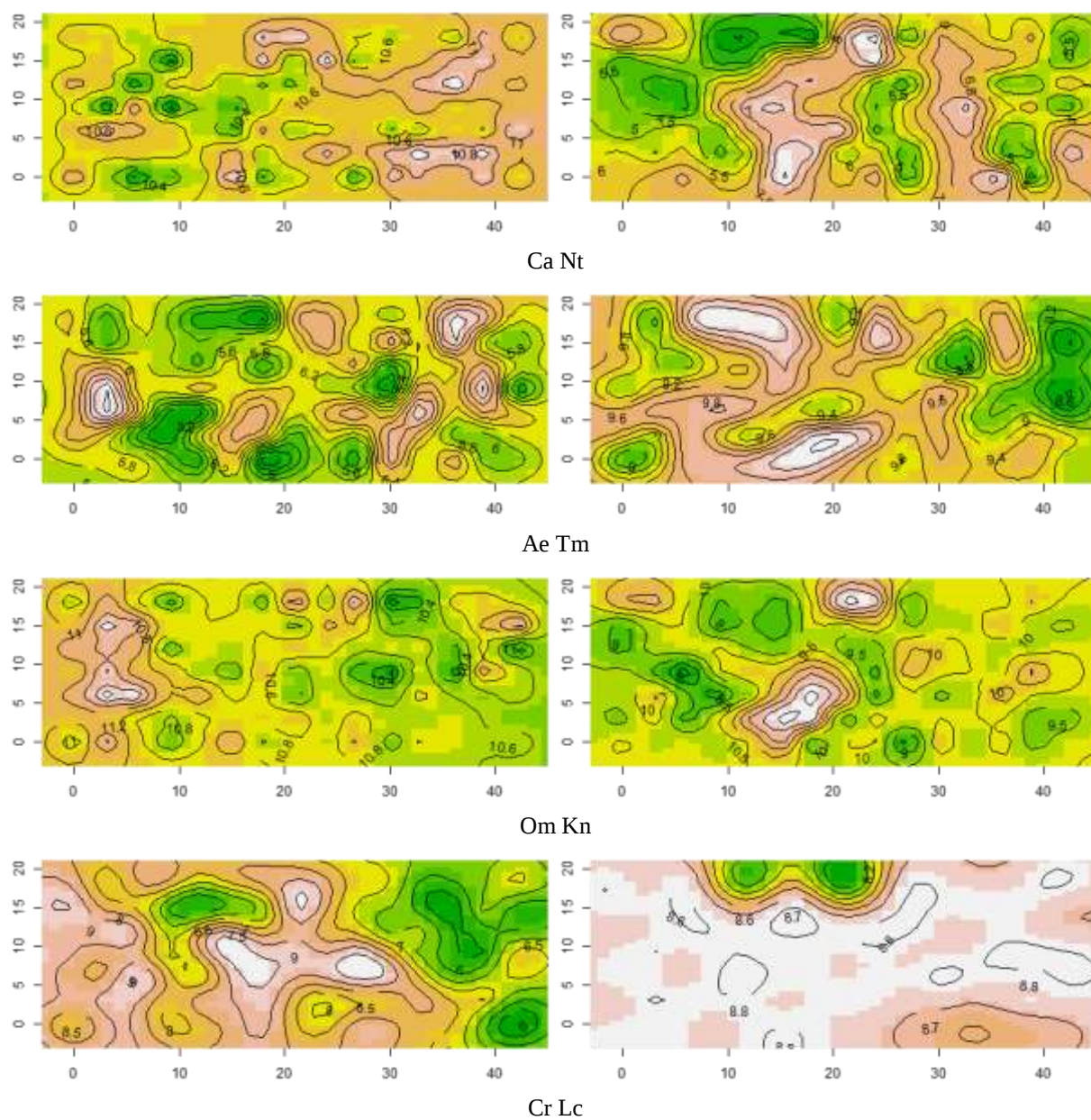


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморезиму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2013 р.

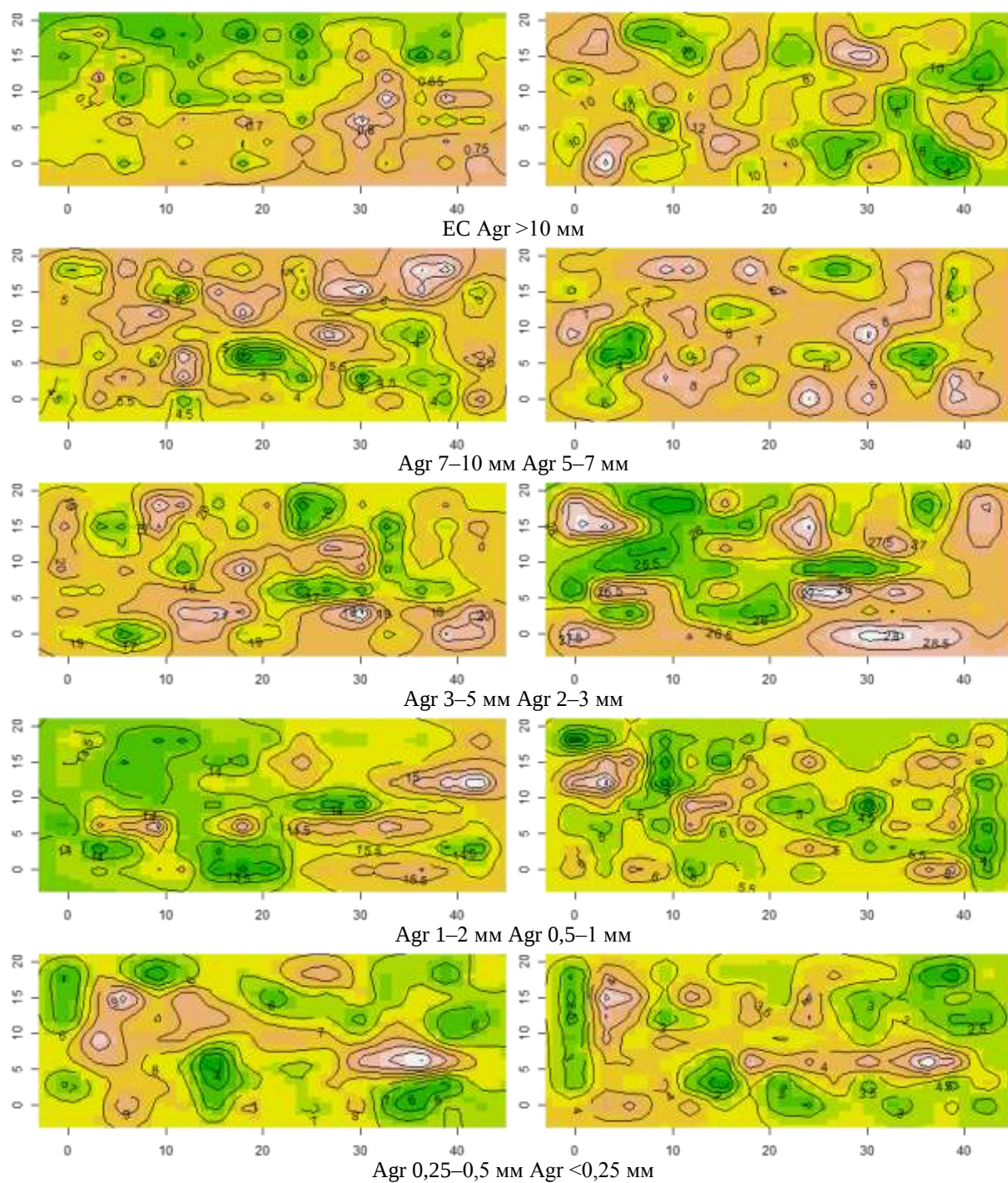


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2014 р.

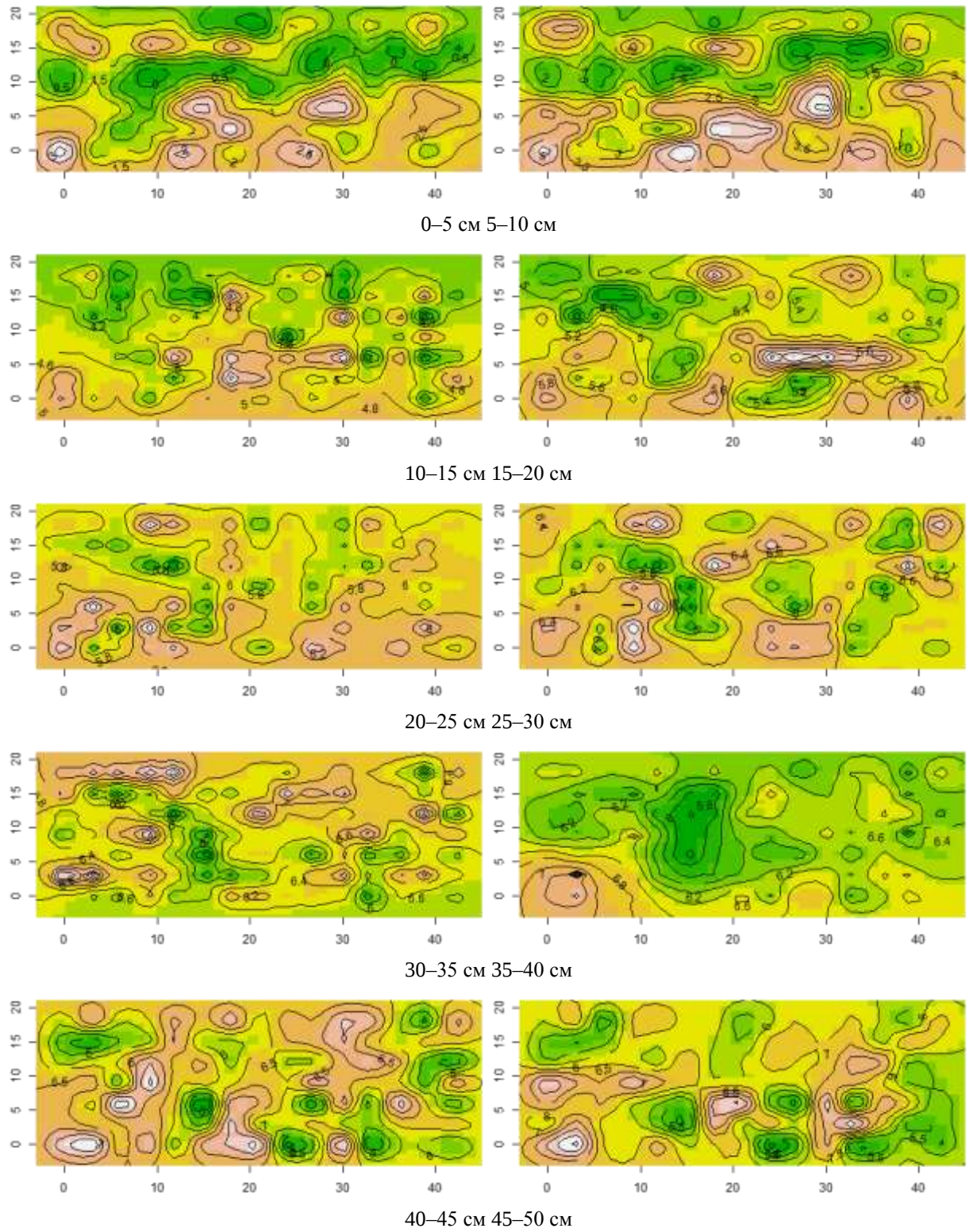


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2014 р.

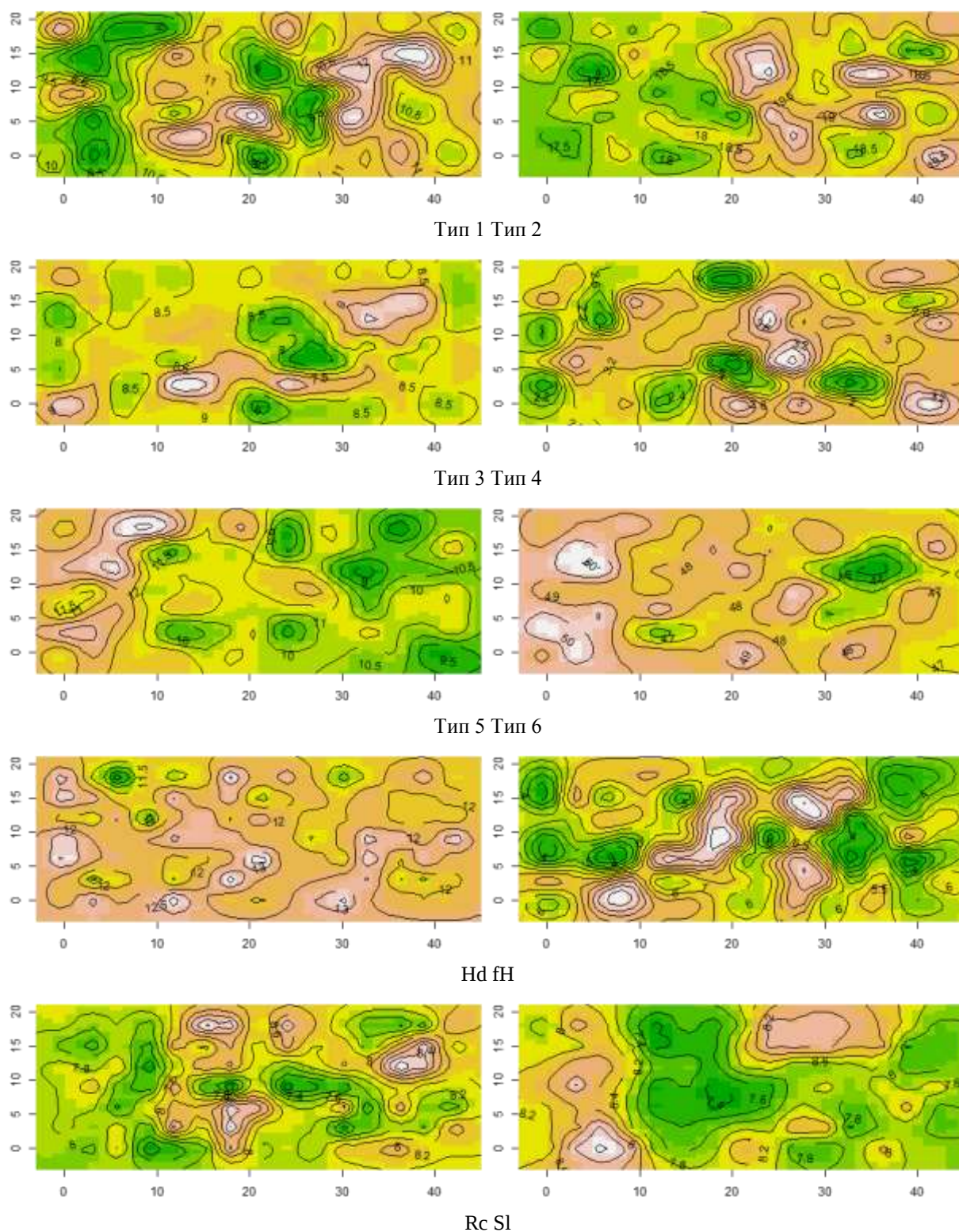


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2014 р.

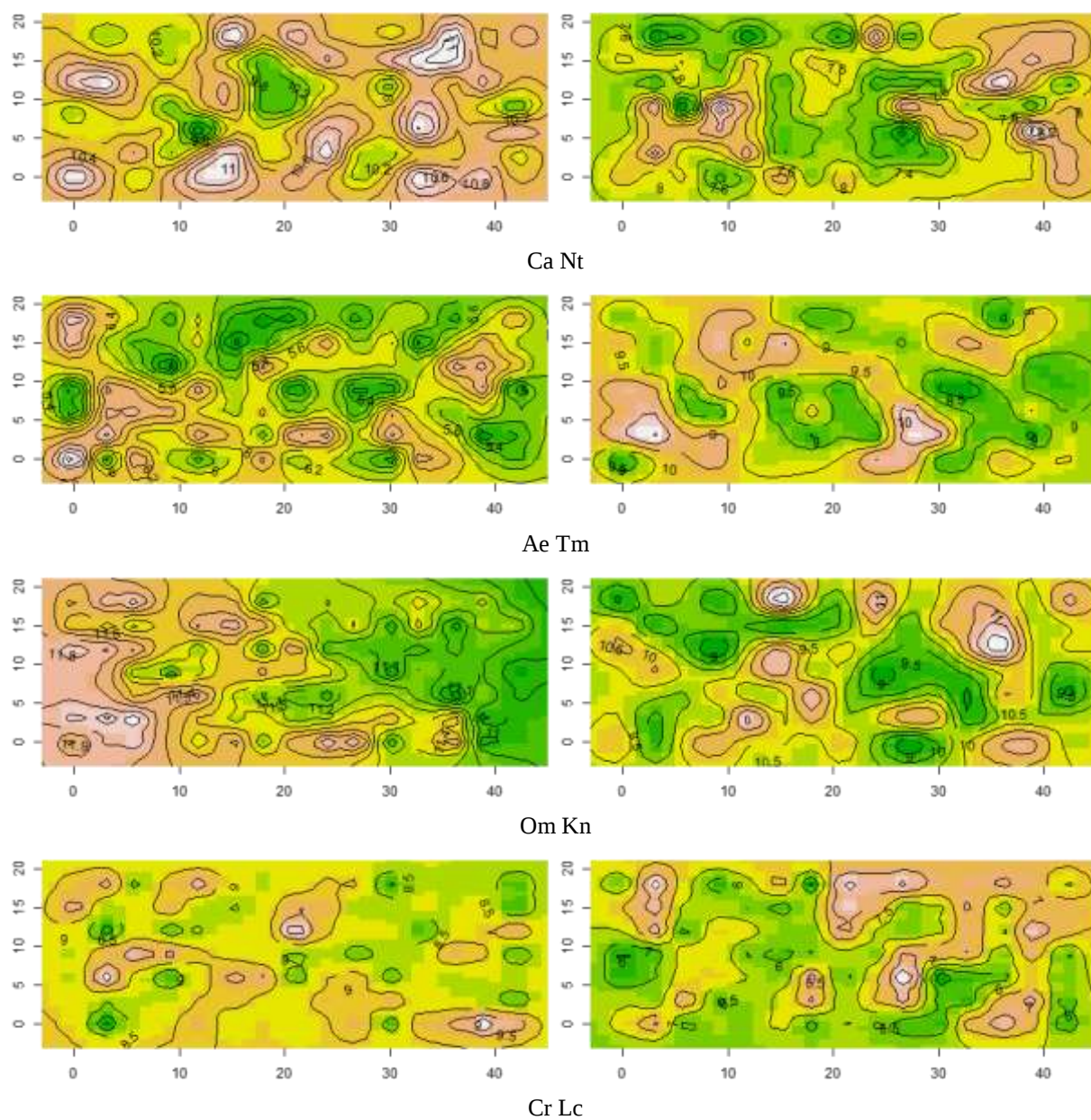


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморегіму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на сіро-зелених глинах у 2014 р.

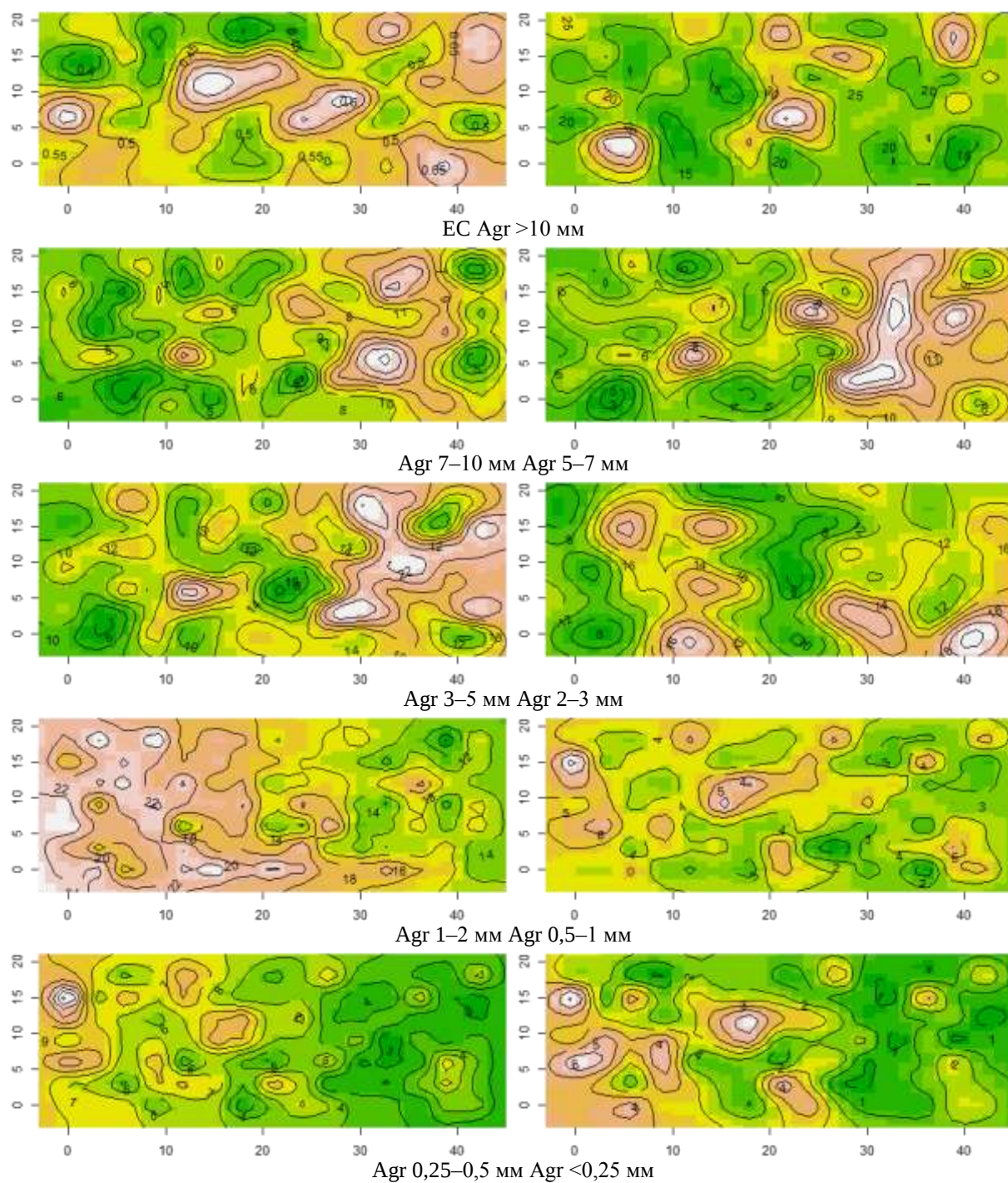


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2012 р.

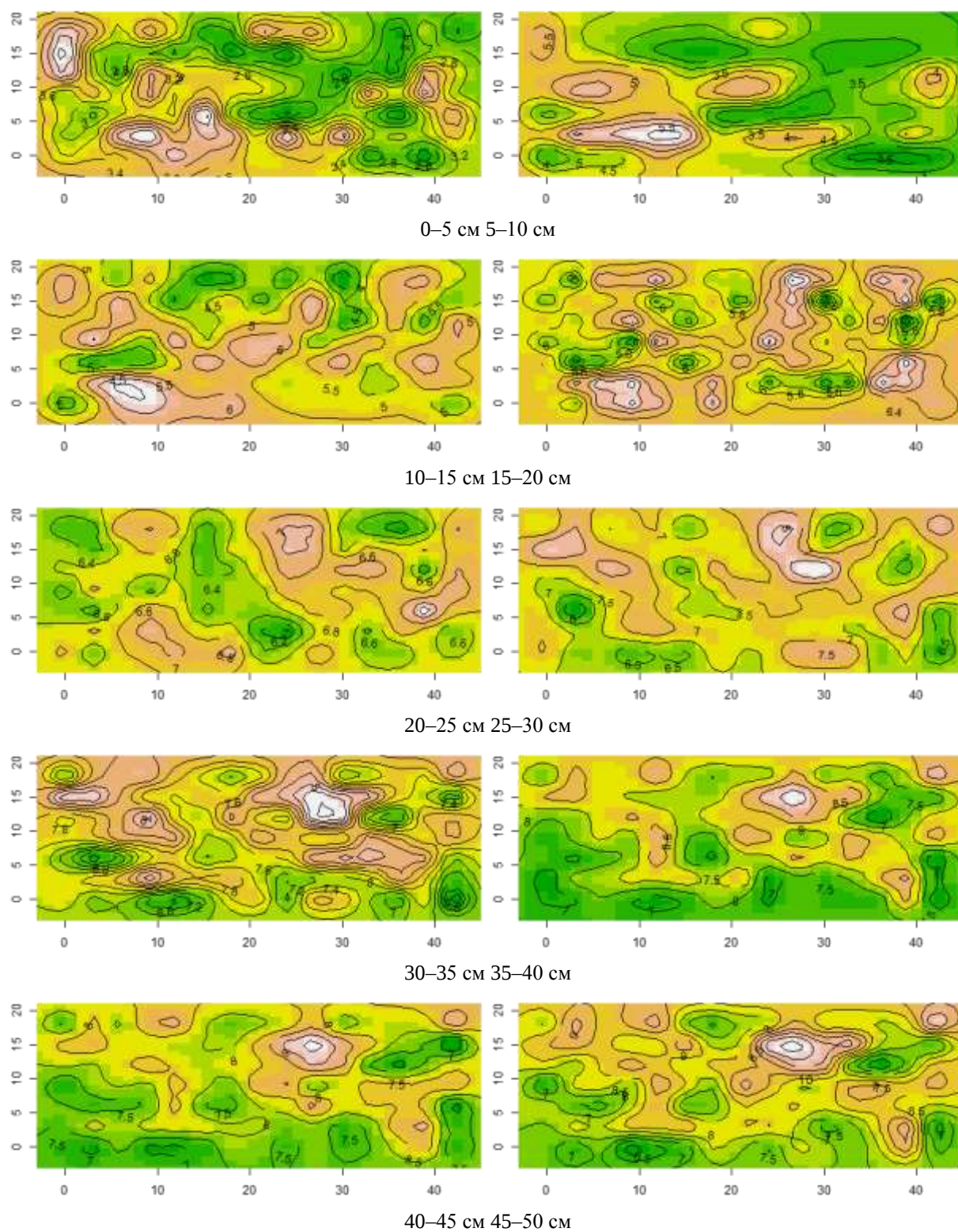


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2012 р.

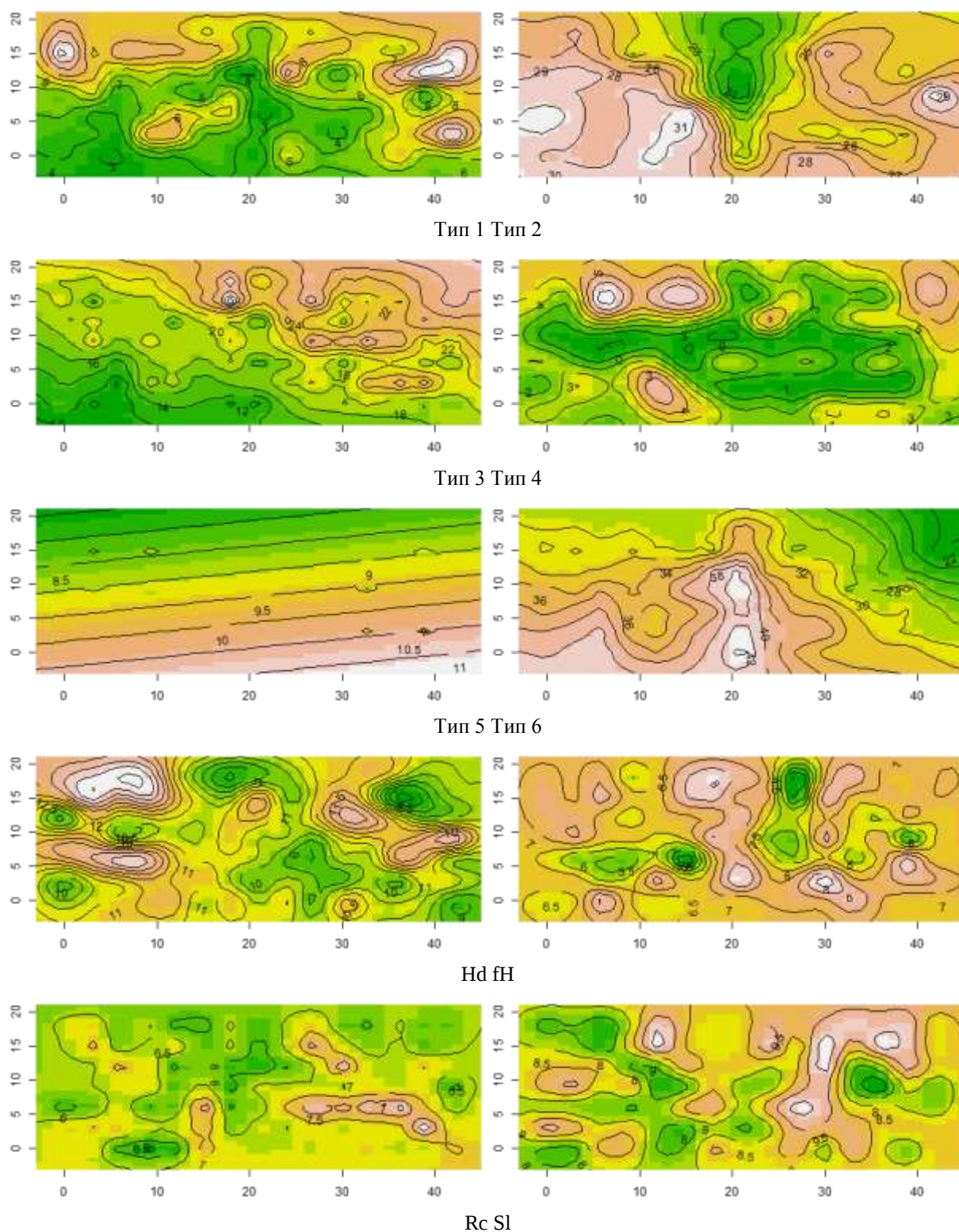


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2012 р.

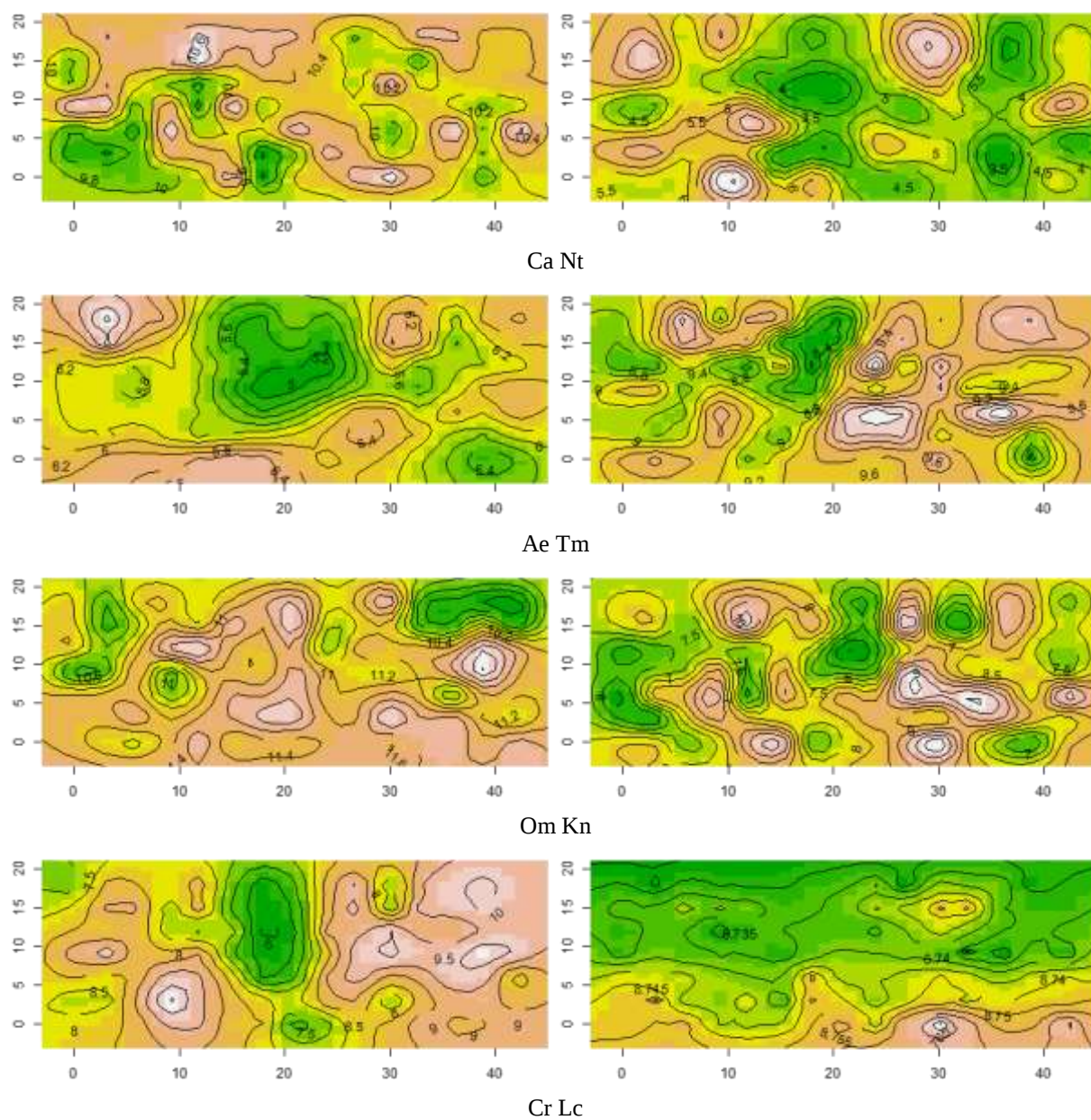


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморегіму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2012 р.

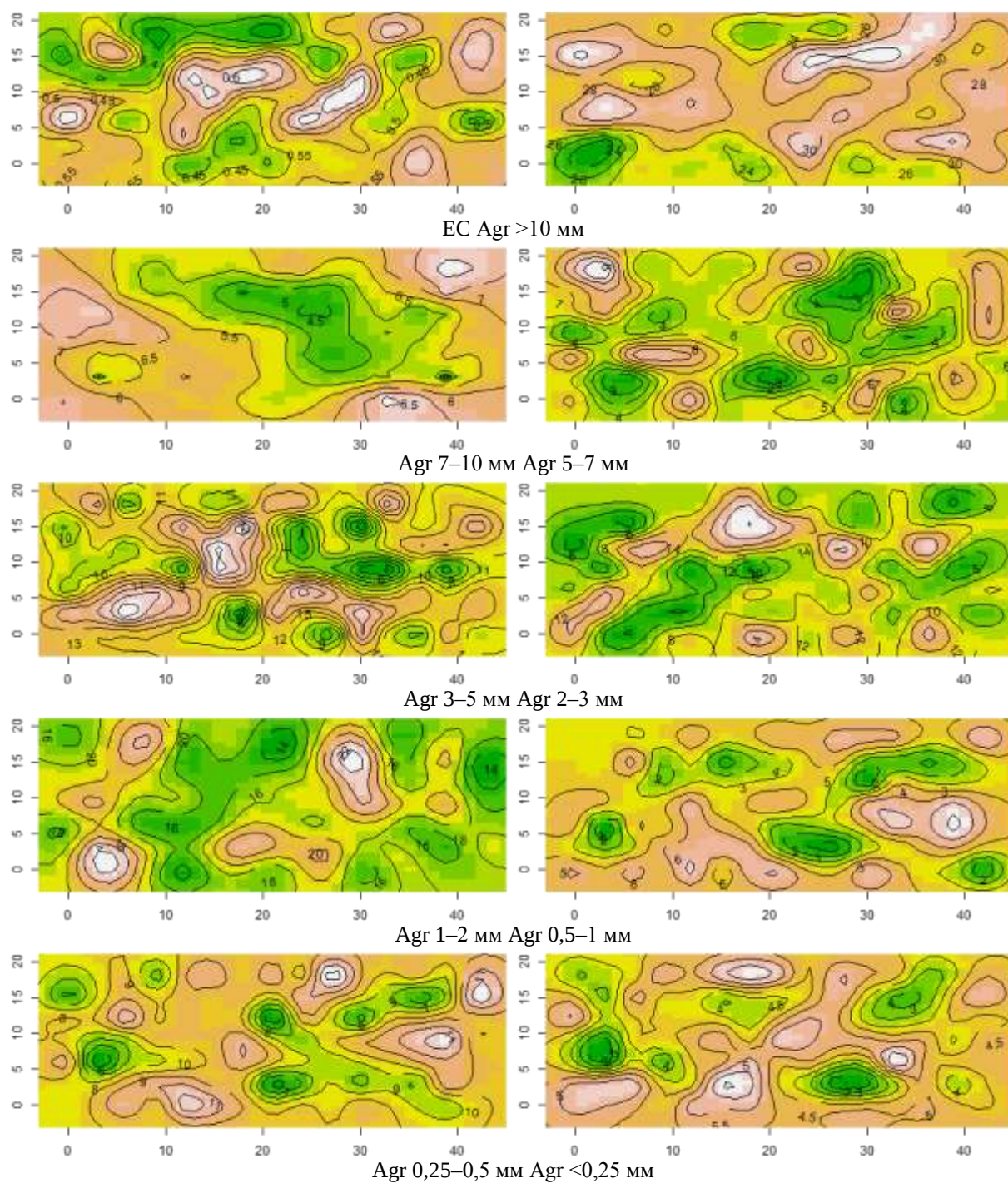


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2013 р.

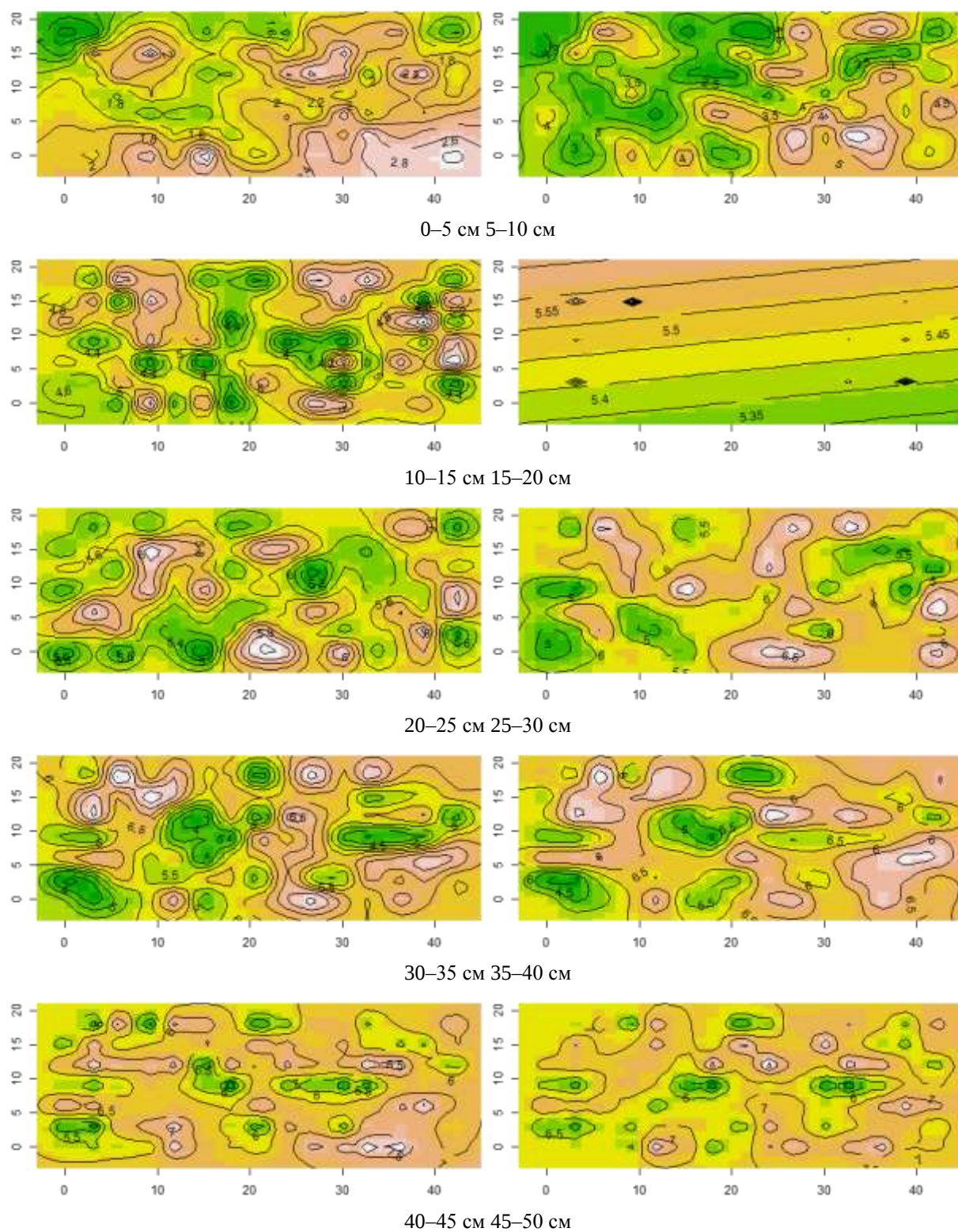


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2013 р.

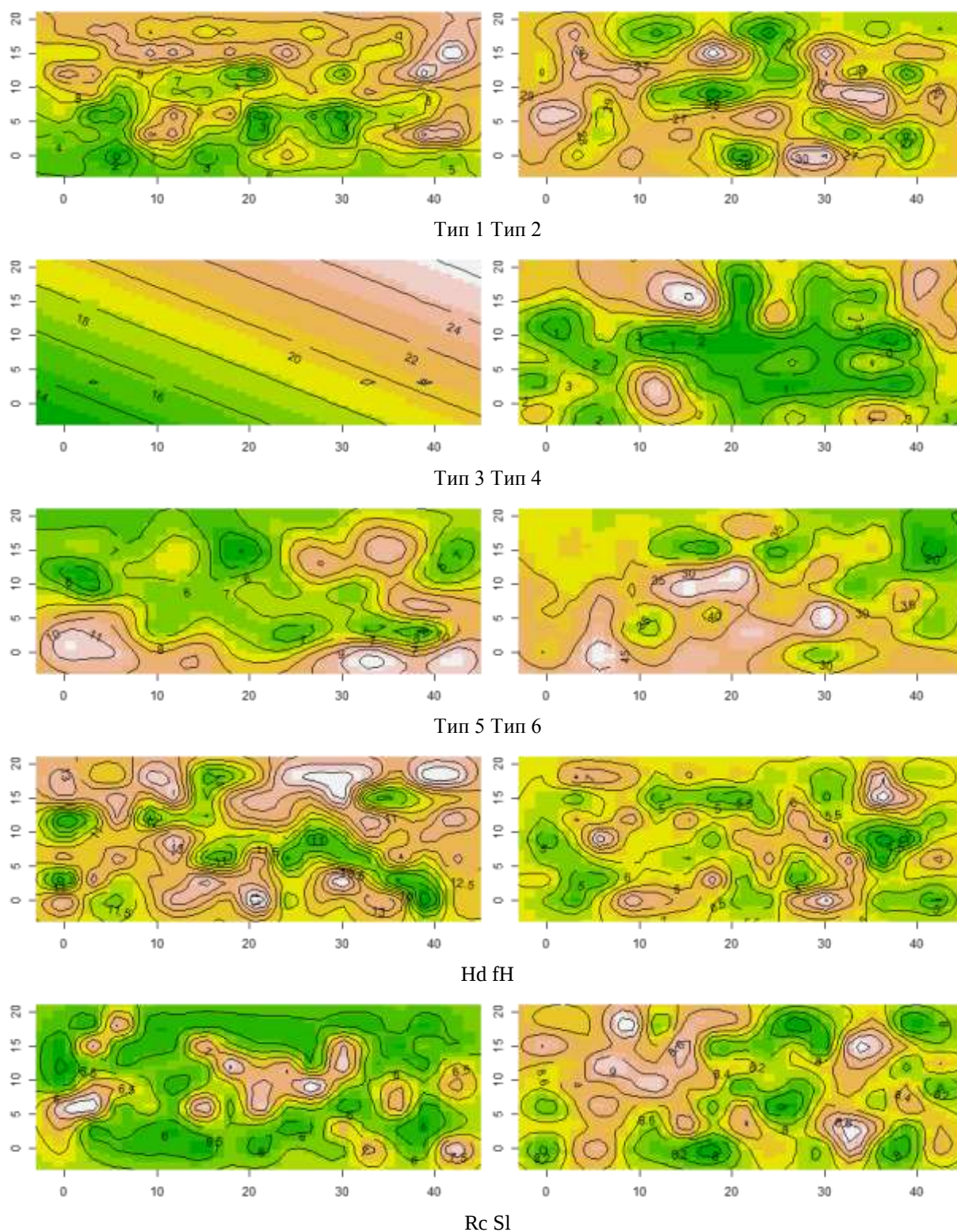


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2013 р.

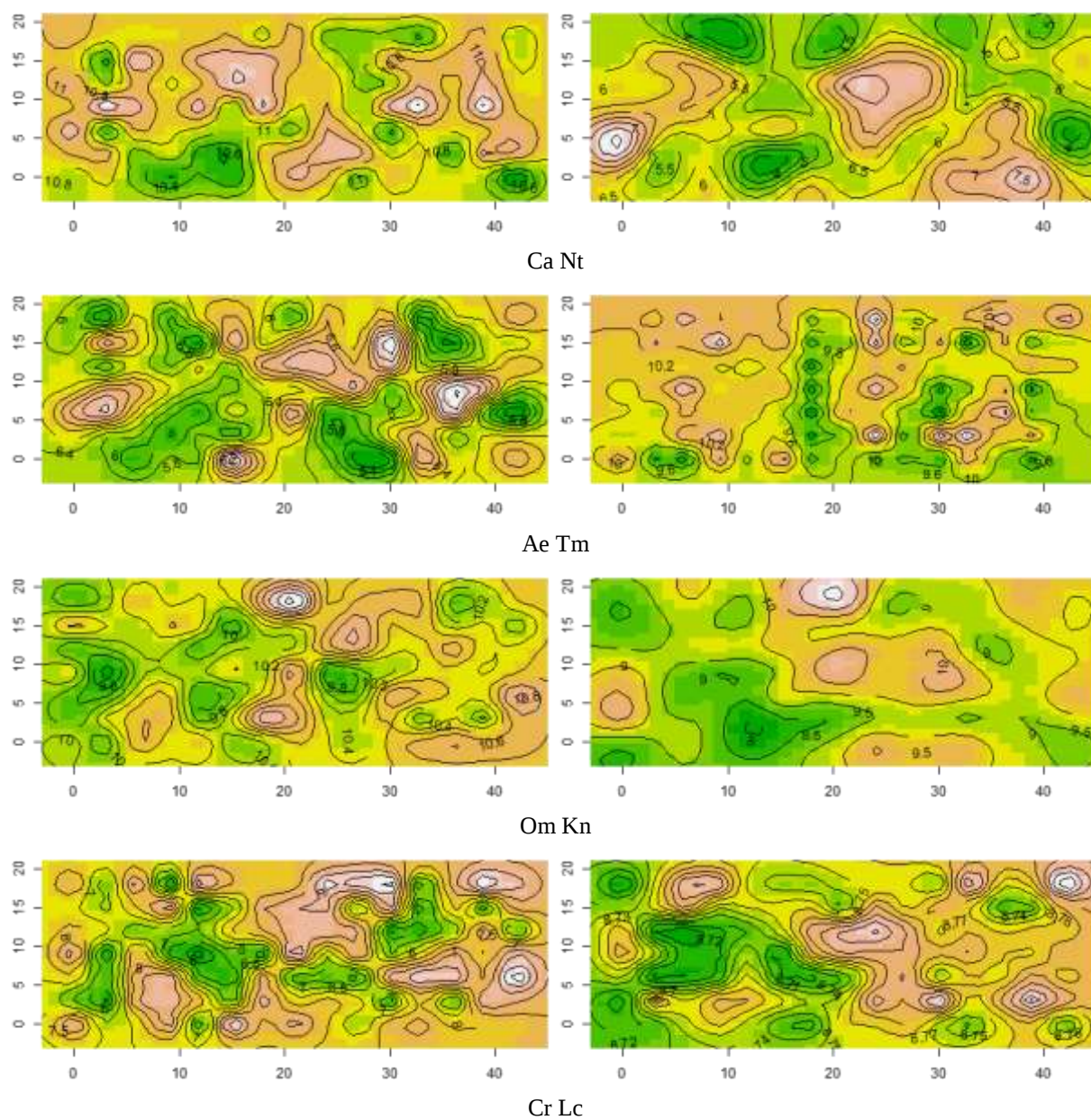


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморегіму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2013 р.

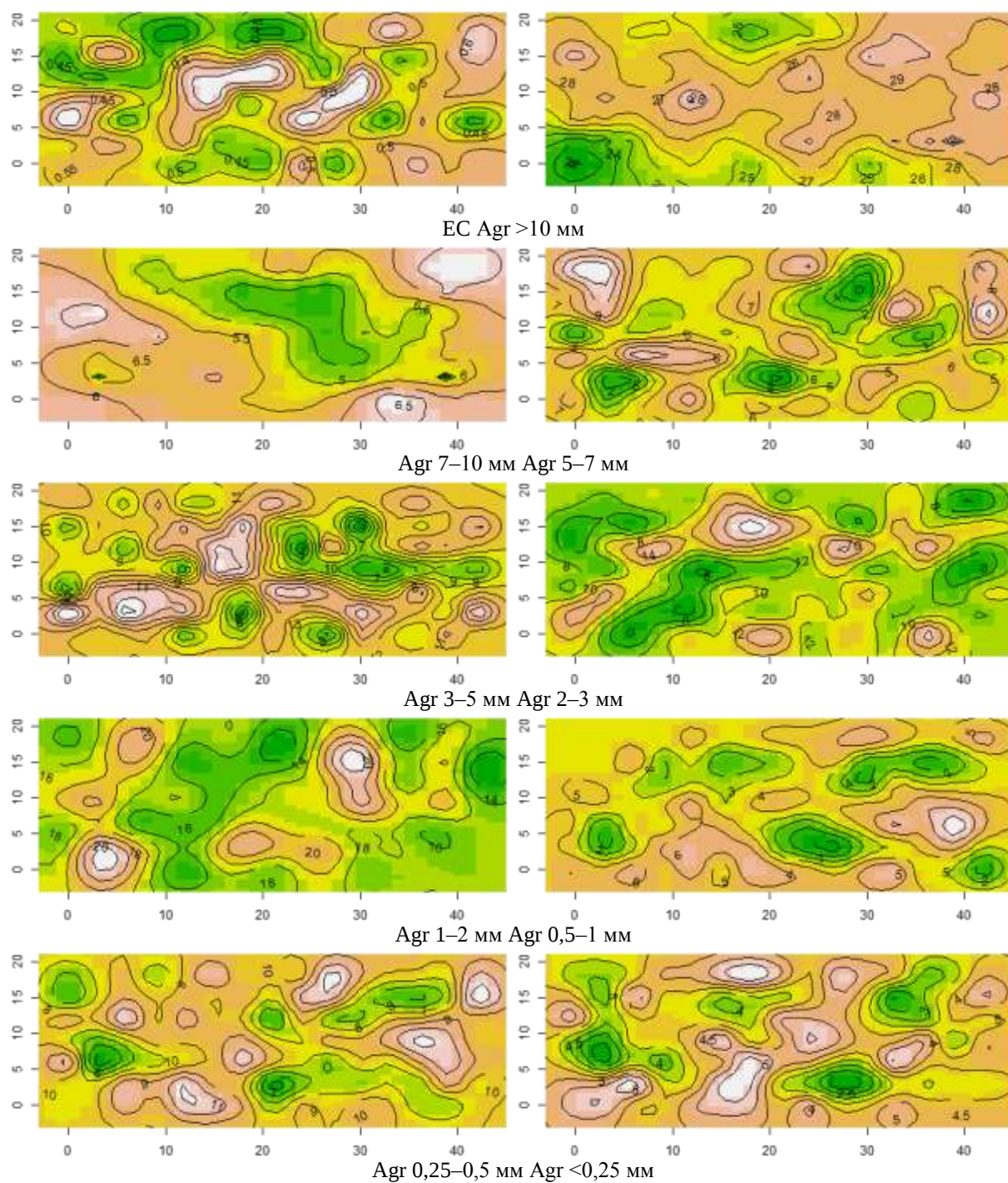


Рис. Д.1.1. Просторове варіювання електричної провідності ґрунту (в дСм/м) та агрегатних фракцій (у % від загальної ваги) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2014 р.

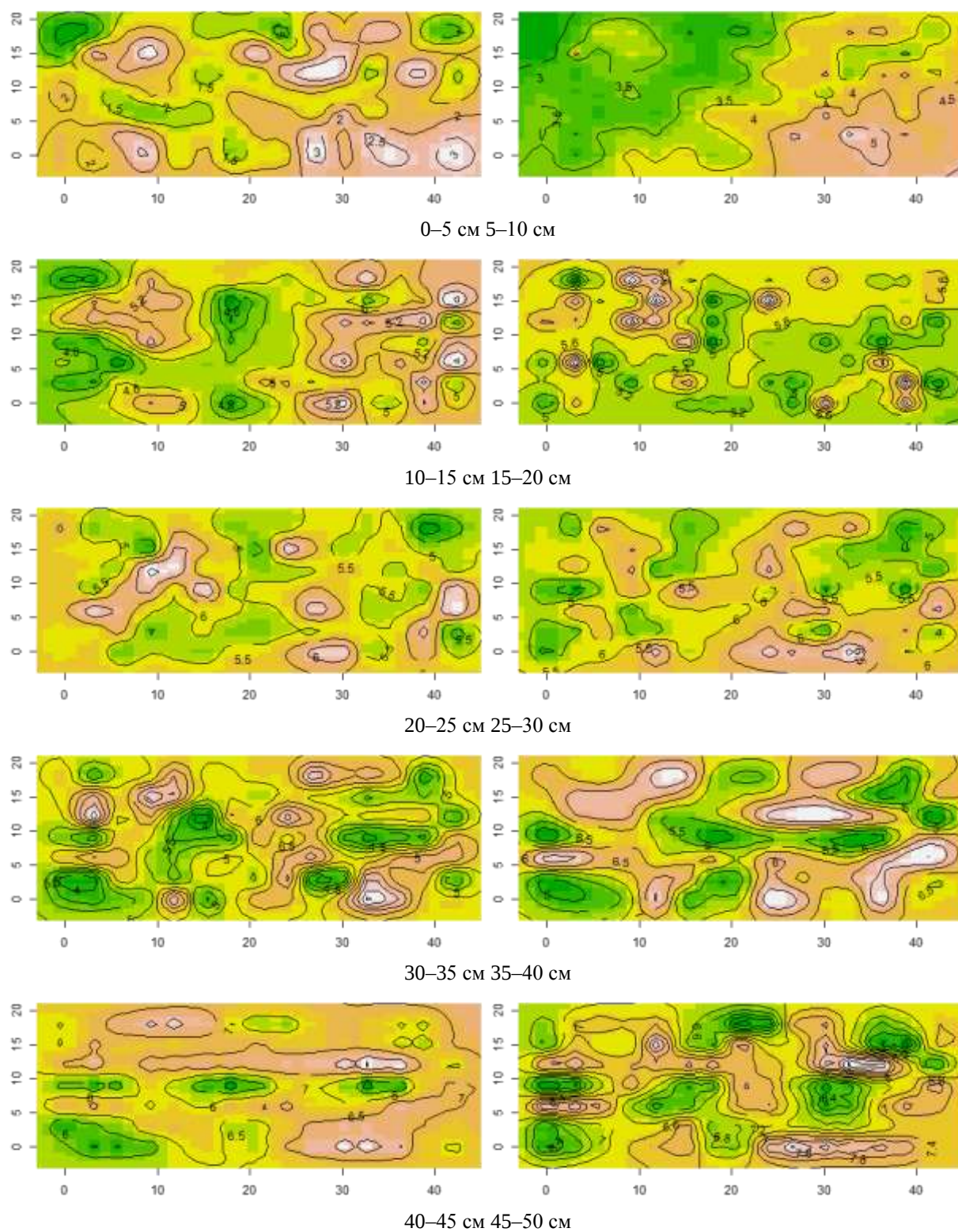


Рис. Д.1.2. Просторове варіювання твердості (у МПа) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2014 р.

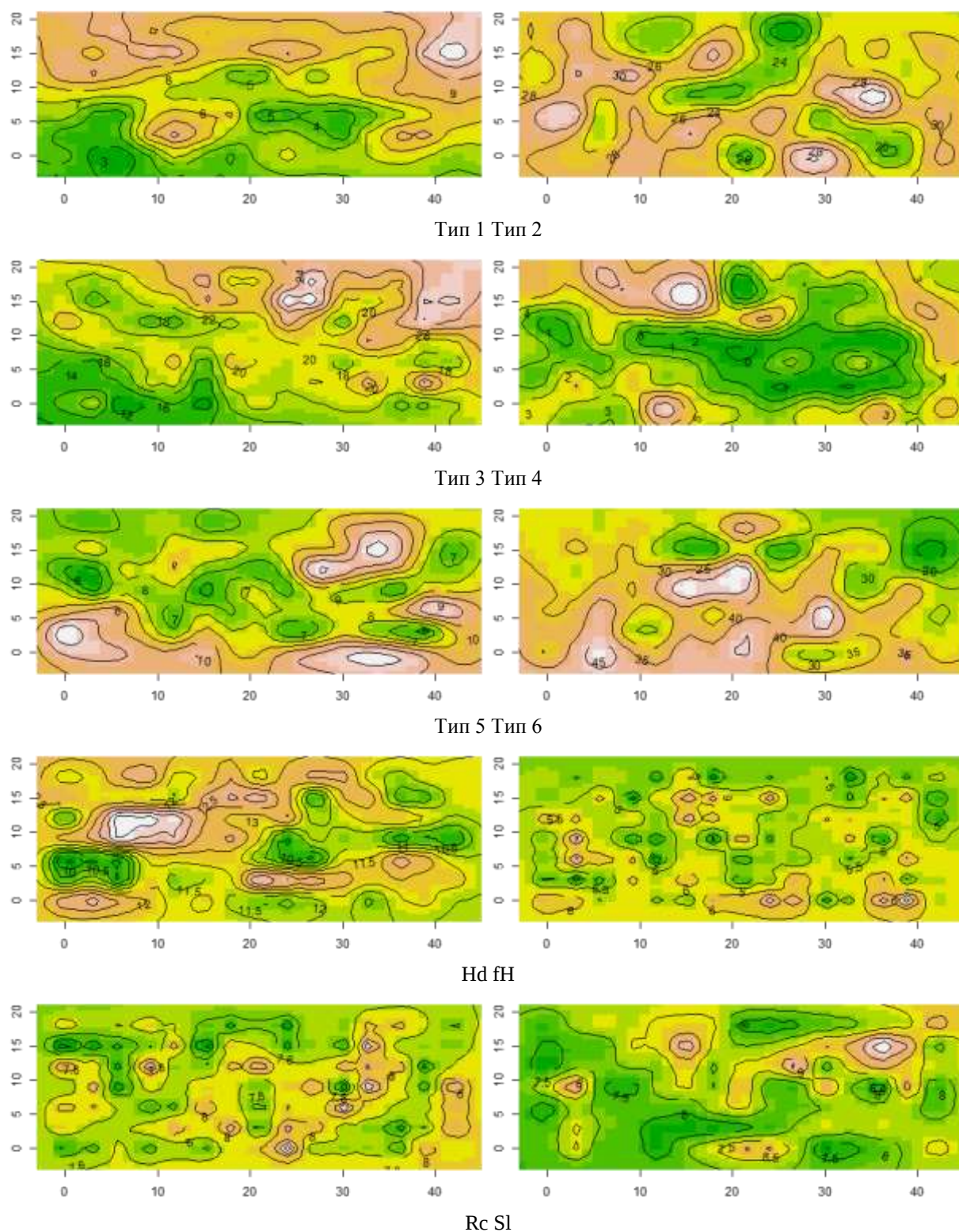


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фізіономічних типів рослинності (типи 1–6) та фітоіндикаторних шкал режиму вологості (Hd), змінності режиму вологості (fH), кислотності (Rc) та режиму мінералізації (SI) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2014 р.

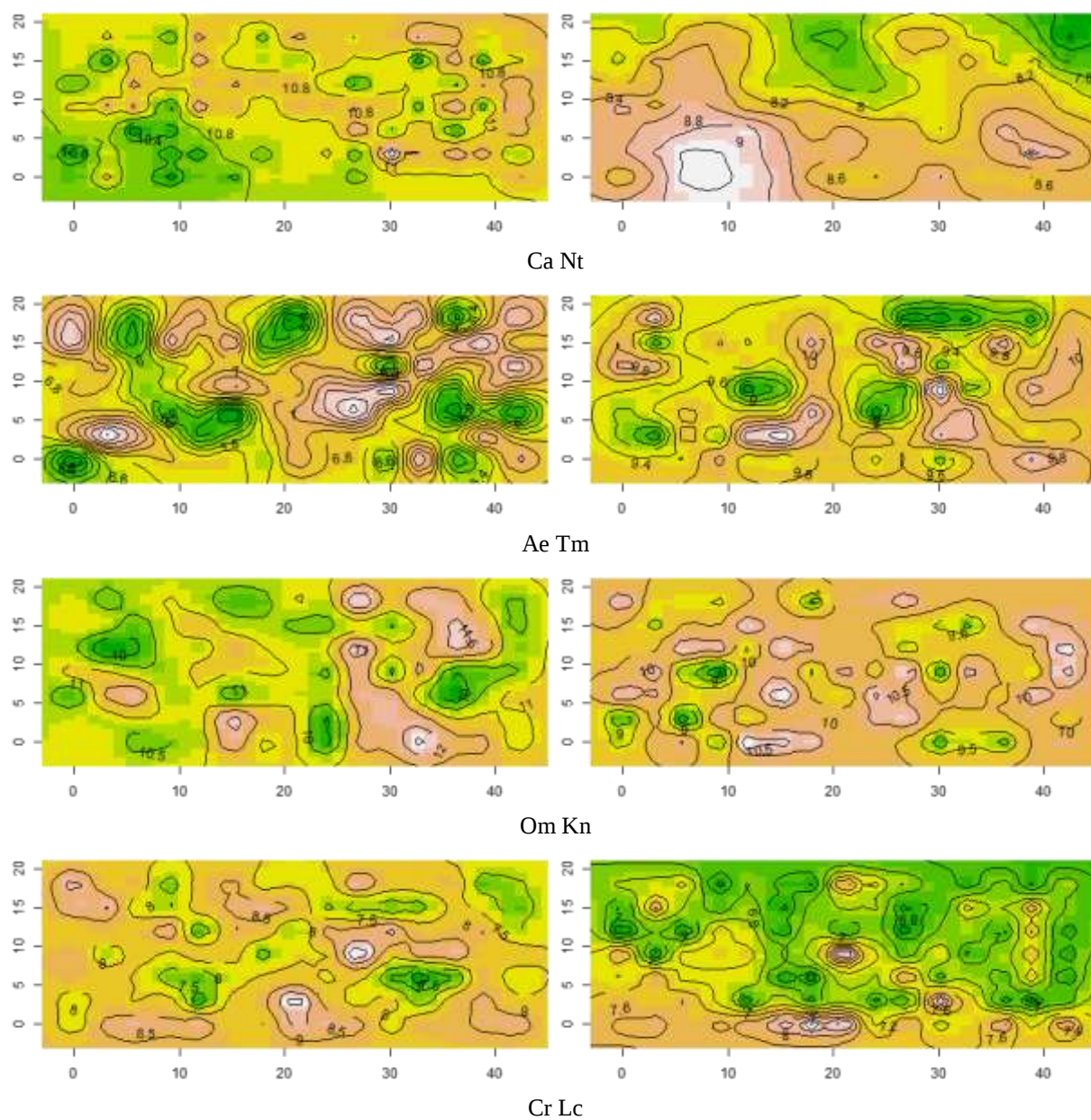


Рис. Д.1.3. Просторове варіювання фітоіндикаторних шкал вмісту карбонатів (Ca), доступних форм азоту (Nt), режиму аерації ґрунту (Ae), терморегіму (Tm), омброклімату (Om), континентальності (Kn), кріоклімату (Cr) та режиму освітлення (Lc) у дерново-літогенних ґрунтах на червоно-бурих глинах у 2014 р.