

## РОЗДІЛ III

### Екологія

УДК 631.421+622.882

Галина Задорожна

#### Екоморфи технозему Нікопольського марганцеворудного басейну

Досліджено просторову варіабельність твердості педозему на ділянці рекультивації Нікопольського марганцеворудного басейну за регулярною сіткою (105 точок). Виконано екоморфічний аналіз рослинності. Установлено ступінь просторової залежності показників твердості досліджуваного ґрунту пошарово через кожні 5 см на глибину 50 см. Побудовано карти просторового розподілу показників твердості технозему за шарами. Спряженість варіацій зовнішніх ознак із просторовою гетерогенністю ґрунту підтверджує екологічний характер формування виявлених ґрунтових структур – екоморф – та дає можливість їх змістовного опису.

**Ключові слова:** твердість ґрунту, морфологічні елементи, екологічні фактори.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Згідно з ученням В. В. Докучаєва, зв'язок ґрунту із середовищем відбувається завдяки ґрунтоутворювальному процесу, що поступово перетворює вихідний геологічний субстрат у ґрунт. Ґрунтоутворювальний процес розглянуто як передатний механізм від факторів середовища до властивостей ґрунтів. Природнича парадигма В. В. Докучаєва має такий вигляд: «Фактори ґрунтоутворення → Властивості ґрунтів». Функціональна залежність між ґрунтом і факторами ґрунтоутворення вкрай складна й досі не має повного рішення. Згодом важливість процесів як необхідної ланки ґрунтоутворення підкреслив І. П. Герасимов. Їм запропоновано тріаду «Властивості ← Процеси ← Фактори». У якості процесів ґрунтоутворення на сучасному етапі розглянуто мікро-, мезо- й макропроцеси, що призводять у своїй сукупній дії до формування повнорозвинутого профілю. Такий розвиток триває, як мінімум, сотні років [24].

Однак це природно-історичне тіло, а одночасно й компонент біогеоценозу, що взаємодіє з іншими його компонентами, у тимчасових рамках, які визначають постійну їх мінливість [16]. Питання про те, як відбувається взаємодія ґрунту в кожен конкретний момент його існування з живими та неживими факторами середовища, які будуть для ґрунту факторами ґрунтоутворення, залишається відкритим. Вирішуватися воно повинно вивченням будови й функцій ґрунтів на біогеоценотичному рівні, що характеризується комплексністю [21]. Комплексність передбачає вивчення процесів, котрі відбуваються не лише в самому ґрунті, а й охоплення явищ взаємодії між ґрунтом й іншими природними тілами, що характеризує морфологічну та функціональну сторони ґрунту як матеріальної системи й елемента екотопу.

У визначенні властивостей екотопу провідне місце належить рослинності, яка найбільш повно відображає всю багатогранність життєвої обстановки [2]. Як компонент біогеоценозу рослинність виступає в якості системи екоморф – певних адаптацій окремих видів до кожного зі структурних елементів біогеоценозу. Настільки ж динамічною властивістю ґрунту, як зміна характеристик рослинного співтовариства, є його твердість. Просторова й тимчасова динаміка твердості ґрунту корелює з варіаціями більшості ґрунтових характеристик, що створюють умови для росту рослин і місцеперебування ґрунтових тварин [1; 3; 7; 19; 28]. Тому твердість – це повноцінна діагностична ознака, яка може виступати інтегральним показником стану ґрунтового тіла.

Екоморфічний підхід, досить повно розроблений для біотичних компонентів біогеоценозу, вимагає свого становлення у сфері вивчення ґрунтів і ґрунтоподібних тіл. Відповідним об'єктом для такого дослідження є молоді ґрунти рекультиваційних земель, сформовані в результаті видобутку корисних копалин відкритим кар'єрним способом. В умовах степової зони України на денну поверхню виносяться породи минулих геологічних епох, які у сфері взаємодії поверхневих шарів

літосфери, гідро- й атмосфери піддаються сучасному інтенсивному вивітрюванню [11; 17; 20]. У результаті відбувається повне механічне порушення профілю та формування нових горизонтів чи ґрунтів, які названо техноземами як продукти техногенезу. Це особливі, цілеспрямовано змінені, сконструйовані людиною ґрунти, що займають великі простори нашої країни. Практичними завданнями землекористування в чорноземній зоні є досягнення можливості використання цих територій як сільськогосподарських угідь (у якості ріллі, сіножатей, пасовищ, багаторічних насаджень), рекреації та ін. Тому дослідження режимів і властивостей рекультивацийних земель – актуальне завдання.

**Мета роботи** – оцінка зв'язку просторової варіації твердості технозему з факторами навколишнього середовища через характеристики рослинного співтовариства.

**Матеріали й методи дослідження.** Збір матеріалу проводили в червні 2014 р. на ділянці рекультивациі Нікопольського марганцеворудного басейну в м. Орджонікідзе. Експериментальну ділянку з вивчення оптимальних режимів сільськогосподарської рекультивациі утворили в 1968–1970 рр. на зовнішньому відвалі Запорізького марганцеворудного кар'єру. На цій ділянці створено штучні едафотопи двох типів. Перший являє собою сплановані розкривні породи товщиною 2 м, які винесені з різних глибин. Другий – на спланованій суміші розкривних порід із відсипанням на їхню поверхню різних за потужністю шарів чорноземної маси. Об'єктом дослідження обрано педозем потужністю 50 см. Назву ґрунту наведено за Л. В. Єстеревською зі співав. [6]. На час дослідження тип рослинності представлений бобово-злаковою сумішшю й різнотрав'ям.

Дослідний полігон являє собою регулярну сітку, яка складається з точок відбору проб, відстань між якими – 3 м і складається із семи трансект по 15 проб. Відповідно, його розміри становлять 42 м × 18 м.

Для вимірювання твердості ґрунту застосовано ручний пенетромтр Eijkelkamp. Середня похибка результатів вимірювань прилада – ± 8 %. Вимірювання твердості ґрунту виконано конусом поперечного перерізу 2 см<sup>2</sup> у кожному осередку полігону на глибину 50 см через кожні 5 см (10 показників твердості в кожній зі 105 точок полігону).

Фітоіндикаційні шкали наведено за Я. П. Дідухом [4]. До едафічних фітоіндикаційних шкал відносять показники гідроморф (Hd), змінності зволоження (fH), аерації (Ae), режиму кислотності (Rc), сольового режиму (Sl), змісту карбонатних солей (Ca), засвоєваних форм азоту (Nt). До кліматичних шкал – показники терморезиму (Tm), омброрезиму (Om), кріорезиму (Cr) і континентальності клімату (Kn). Крім зазначених, виділяють ще шкалу освітлення (Lc), яку характеризують як мікрокліматичну шкалу. Теплові властивості ґрунтів індикуються шкалою терморезиму, а гідротермічні – шкалою омброрезиму. Ценоморфи рослин наведено за А. Л. Бельгардом [2] та В. В. Тарасовим [23]. Ценоморфи представлено степантами, пратантами, псаммофітами, сільвантами й рудерантами. Степанти та сільванти – основна частина рослинного покриву (95 %), тому саме ці екоморфи використано як предиктори твердості ґрунту (змінні St і Pr – проективне покриття відповідних екоморф, %). Гігроморфи представлено ксерофітами (рівень вологості 1), мезоксерофітами (рівень вологості 2), ксеромезофітами (рівень вологості 3), мезофітами (рівень вологості 4), гігромезофітами (рівень вологості 5). Рівень вологості за гігроморфічною структурою (Hygr) оцінено як:

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

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

Трофоморфи представлено оліготрофами (рівень трофності – 1), мезотрофами (рівень трофності – 2) і мегатрофами (рівень трофності – 3). Рівень трофності за трофоморфічною структурою (Troph\_B) оцінено як

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

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

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

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

де  $z$  – рівень освітлення;  $P_z$  – проективне покриття рослин відповідної геліоморфи.

При статистичних розрахунках використано методи описової статистики геостатистичний, кластерний, дисперсійний і дискримінантний аналізи.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.** На території, де розміщений Нікопольський марганцевий басейн, зональний тип ґрунту – чорнозем південний. Гранулометричний склад і зволоження – глина важка, суха, із глибини 145 см – свіжа. Тип рослинності – бобово-злакова суміш і різнотрав'я [20].

#### **Морфологічний опис педозему**

Зональні типи ґрунтів – чорнозем звичайний та чорнозем південний. Гранулометричний склад і зволоження – суглинок важкий мулисто-крупно-пилуватий, карбонатний, сухуватий. Тип рослинності – бобово-злакова суміш і різнотрав'я [20].

Ht<sub>1</sub> 0–10 см: суглинок структурований темно-сірий, однорідний за складом і забарвленням, багато кореневих закінчень. Трапляється білозірка. Тріщинуватість незначна. Скипання середньої інтенсивності від НСІ (10 %). Перехід до наступного горизонту малопомітний за зміною щільності.

Ht<sub>2</sub> 10–30 см: суглинок темно-сірий, із бурим відтінком, гумусований, пилувато-дрібнозернистої структури. Простежено незначну тріщинуватість. Трапляються домішки світло-коричневого кольору середнього гранулометричного складу та білозірки. У горизонті багато кореневих закінчень. Інтенсивне скипання від НСІ. Перехід до наступного горизонту виражений за зміною кольору.

Ht<sub>3p1</sub> 30–70 см: суглинок темно-сірий, зі світло-бурим відтінком, щільний, безструктурний, гумусований. Механічні домішки світло-палевої, темно-сірої, оливково-зеленої глини, білозірки й світло-сірого каменю обумовлюють строкатість. Простежено інтенсивне скипання від НСІ. Перехід до наступного горизонту чіткий за кольором.

Ht<sub>4p2</sub> 70–135 см: суглинок світло-сірий, щільний, гумусований зі слабо вираженою пилувато-крупнозернистою структурою. Значна строкатість зумовлена механічними домішками оливково-зеленої глини, а також укралень щільної світло-сірої глини. До глибини 135 см трапляються дуже тонкі коріння. Скипання від НСІ інтенсивне. Перехід до наступного горизонту чіткий за кольором.

Pt<sub>3</sub> 135–175 см: глина червоно-бура, дуже щільна, безструктурна; строкатість зумовлена домішками жирної темно-сірої глини й білозіркою. Трапляються окремі кореневі закінчення. Інтенсивне скипання від НСІ. Перехід до наступного горизонту чіткий за кольором.

Pt<sub>4</sub> 175–215 см: глина темно-сіра щільна безструктурна, жирна на дотик. Строкатість зумовлена механічними домішками світло-оливкової глини. Білозірка фрагментарна. Інтенсивне скипання від НСІ.

*Діагноз* – педозем чорноземний важкосуглинистий, карбонатний, слабогумусований на червоно-бурих глинах.

Дослідження твердості ґрунту за регулярною сіткою дали такі результати. Середні значення твердості педозему змінюються від  $3,01 \pm 0,12$  МПа до  $6,95 \pm 0,31$  МПа (табл. 1). Найменшими показниками характеризується поверхневий шар (0–5 см). При просуванні вниз по ґрунтовому профілю



**Рис. 1.** Профіль педозему

твердість закономірно збільшується. Коефіцієнт варіації показників твердості ґрунту достатньо високий у поверхневому шарі (0–5 см), дещо знижується в шарах на рівні 5–15 см, після чого варіативність збільшується та сягає найбільшої величини 46,2 % на рівні 45–50 см від поверхні.

Таблиця 1

**Описові статистики твердості педозему**

Відстань від поверхні, см	Середнє ± ст. пох. середнього, МПа	Довірчий інтервал		CV, %
		-95,00 %	+95,00 %	
0–5	3,01±0,12	2,78	3,25	40,7
5–10	4,16±0,13	3,86	4,46	36,4
10–15	4,95±0,18	4,59	5,32	38,1
15–20	5,17±0,21	4,77	5,58	40,6
20–25	5,52±0,22	5,07	5,96	41,6
25–30	5,69±0,23	5,22	6,15	42,3
30–35	5,95±0,25	5,46	6,44	42,7
35–40	6,24±0,27	5,70	6,77	44,0
40–45	6,60±0,29	6,01	7,18	45,7
45–50	6,95±0,31	6,33	7,58	46,2

Описова стадія дослідження дає поняття про усереднений профіль, властивості якого дуже приблизні, про що свідчить різниця коефіцієнтів варіації, що належать до даних різних верств ґрунтів. Для більш глибокого аналізу розподілу показників твердості ґрунту використані інструменти геостатистики (табл. 2).

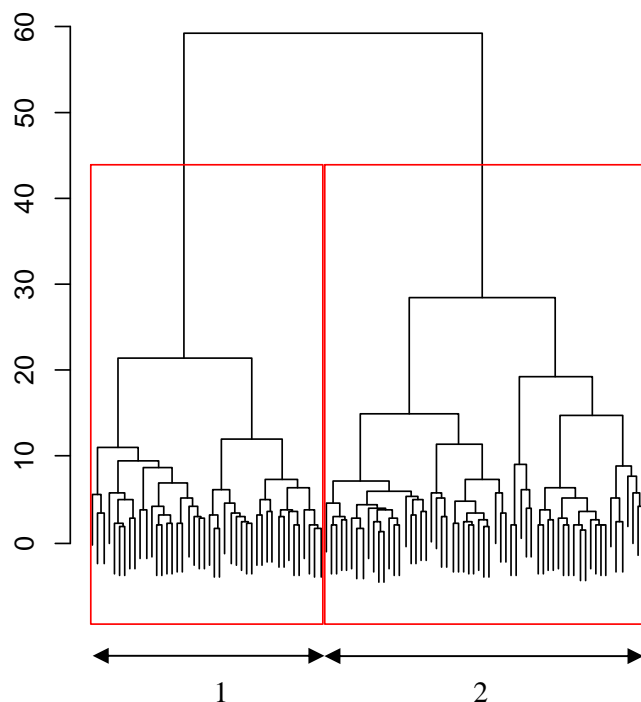
Таблиця 2

**Геостатистичні параметри просторового варіювання твердості педозему**

Відстань від поверхні, см	Поріг	Наггет-ефект	SDL, %
0–5	0,59	1,35	69,49
5–10	1,73	0,43	19,93
10–15	2,80	0,69	19,75
15–20	3,72	0,68	15,45
20–25	4,13	1,02	19,77
25–30	2,26	0,56	19,74
30–35	1,79	0,57	24,25
35–40	3,14	0,23	6,84
40–45	3,40	0,98	22,43
45–50	3,92	0,96	19,73

За допомогою геостатистичного аналізу встановлено ступінь просторової залежності даних твердості пошарово. Такі показники варіограм, як поріг і наггет-ефект, є допоміжними й дають можливість обчислити просторове відношення SDL, яке вказує на ступінь просторової залежності. При інтерпретації SDL потрібно враховувати, що якщо його рівень перебуває в межах 0–25 %, то йдеться про сильну просторову залежність; якщо в межах 25–75 % – залежність змінної є помірною; у випадку, коли перевищує 75 %, змінна розглядається як слабо просторово залежна [26; 29; 30]. Згідно з результатами наших досліджень, дані твердості педозему мають високий ступінь просторової залежності практично в усіх досліджених шарах ґрунту. Виняток становлять показники твердості поверхневого шару (0–5 см), де просторову залежність розглядають як помірну.

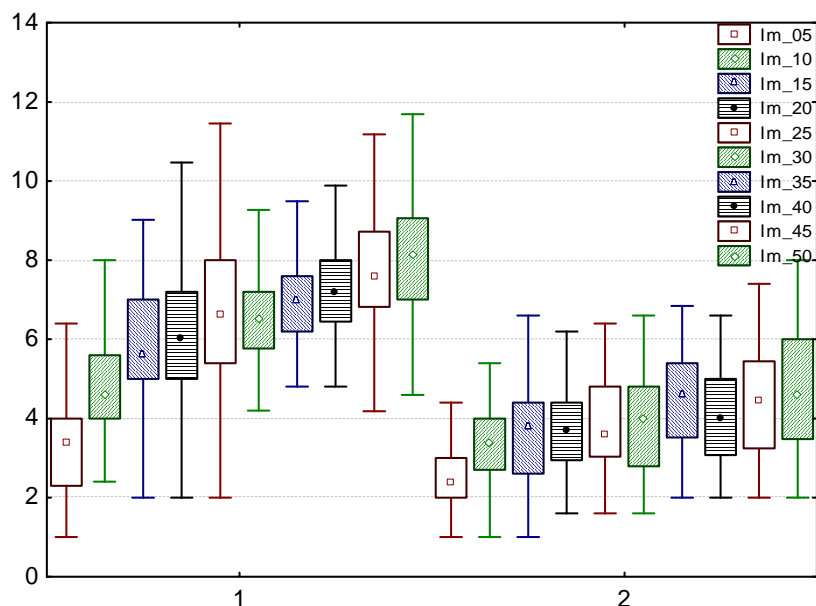
Кластерний аналіз, проведений на основі отриманих геостатистичних даних, дав підставу умовно розподілити наявні профілі зміни твердості ґрунту (105 точок) у два кластери з характерною для них відносно однотипною динамікою властивості (рис. 2). Близькість сайтів оцінено за допомогою евклідової відстані. Як правило об'єднання застосовано метод Варда.



**Рис. 2.** Кластерний аналіз сайтів за твердістю, метод Варда, евклідова відстань

Примітка. Прямокутники вказують на обсяг кластерів для рішення з двох кластерів.

Поділ на кластери дав можливість організувати спостережувані дані в наочні структури для їх змістовного опису. Кожному з кластерів притаманна характерна поведінка досліджуваної властивості, відмінності в якій можна простежити за даними, представленими на рис. 3.



**Рис. 3.** Зміна значень твердості ґрунту з поглибленням за профілем, характерна для різних кластерів: вісь абсцис – номери кластерів, вісь ординат – твердість ґрунту, Мпа

Кластер 1 представлено такими ділянками ґрунту, у яких твердість закономірно збільшується з глибиною. Найбільш різке підвищення показників твердості простежуємо в шарах 0–25 углиб від поверхні. На ділянках, що належать до другого кластера, твердість ґрунту теж має тенденцію до збільшення вниз за профілем, але це підвищення менш інтенсивне. Локальні максимуми твердості спостерігають у шарах 10–15, 30–35, 45–50 см від поверхні.

Ґрунтові ділянки, що об'єднуються в кластери, розміщуються досить компактно й займають приблизно однакову площу вивченого полігону, утворюючи своєрідний малюнок (рис. 4).

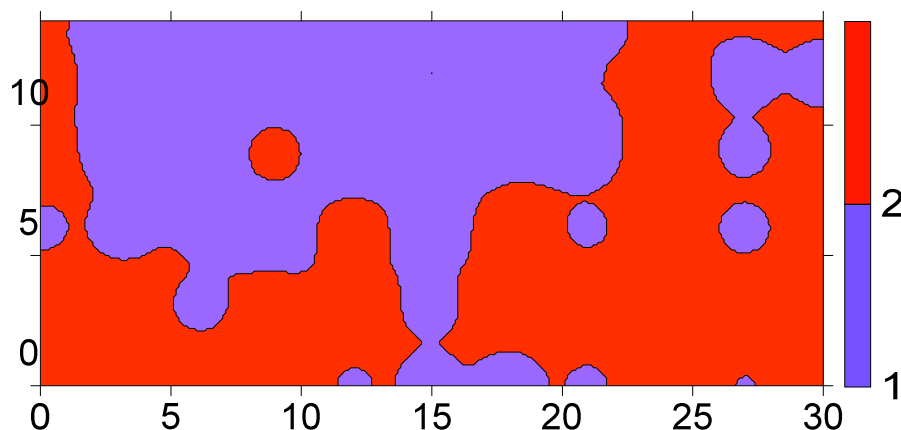


Рис. 4. Просторовий розподіл кластерів твердості ґрунту на вивченому полігоні

Екологічний зміст поділу ділянок ґрунту на кластери вивчено за допомогою дискримінантного аналізу. Основна ідея дискримінантного аналізу полягає в тому, щоб визначити, чи відрізняються сукупності за середнім будь-якої змінної або їх комбінацією. У нашому випадку його використовують для виявлення екологічних чинників, пов'язаних із певними ґрунтовими профілями, характерними для кожного з кластерів. Фактори зовнішнього середовища, виражені через фітоіндикаційні шкали, визначено за кількісним і якісним аналізом рослинного співтовариства вивченої ділянки [4; 19]. Правомірність такого підходу розкрито в низці робіт [4; 8]. Результати дискримінантного аналізу представлено в табл. 3. Статистика лямбда Уїлкса позначає статистичну значущість потужності дискримінації. Цей коефіцієнт характеризує частку дисперсії оцінок дискримінантної функції, що не зумовлена відмінностями між групами й зменшується зі зростанням різниць середніх значень. Її значення змінюється від одиниці (немає ніякої дискримінації) до нуля (повна дискримінація). Статистика лямбда Уїлкса може бути перетворена до стандартного F значення, за яким обчислюють відповідний рівень значущості (p-значення для кожного значення F).

Згідно з даними, наведеними в табл. 3, відмінність кластерів є достовірно значущою для змінних шкал змінності зволоження (ffl), сольового (Sl) та температурного (Tm) режимів ґрунту, режиму освітлення (Lc). Крім того, ділянки, що належать до різних кластерів, маркуються представленістю різних трюфоморф рослин.

Таблиця 3

Загальні підсумки дискримінантного аналізу

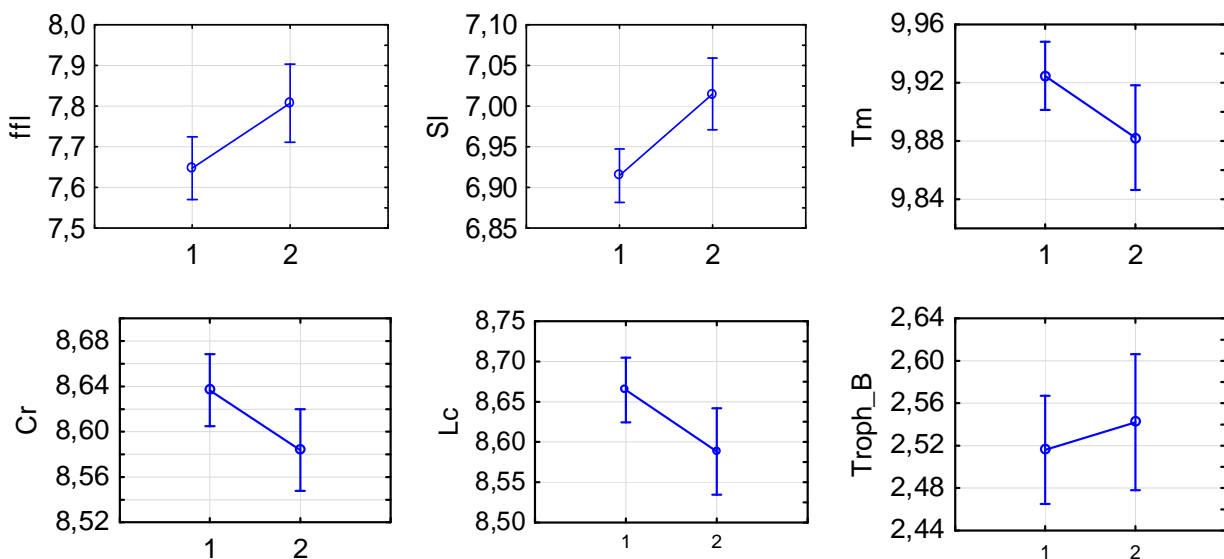
Шкала	Лямбда Уїлкса	F-критерій	p-рівень
1	2	3	4
<b>Фітоіндикаційні шкали</b>			
Hd	0,58	0,90	0,34
ffl	<b>0,61</b>	<b>4,91</b>	<b>0,03</b>
Rc	0,58	0,21	0,65
Sl	<b>0,60</b>	<b>4,26</b>	<b>0,04</b>
Ca	0,58	0,10	0,75
Nt	0,58	1,19	0,28

1	2	3	4
Ae	0,58	0,05	0,82
Tm	<b>0,61</b>	<b>5,19</b>	<b>0,03</b>
Om	0,58	0,14	0,71
Kn	0,59	2,33	0,13
Cr	0,58	1,27	0,26
Lc	<b>0,63</b>	<b>9,08</b>	<b>0,00</b>
Індекси, засновані на екоморфах рослин			
Hu <sub>gr</sub>	0,58	0,33	0,57
Troph_B	<b>0,62</b>	<b>7,51</b>	<b>0,01</b>
St	0,58	0,08	0,78
Pr	0,58	0,08	0,78
Hel	0,58	0,17	0,68

Примітка. *Hd* – шкала гідроморф, *fH* – змінність зволоження, *Rc* – режим кислотності, *Sl* – сольовий режим, *Ca* – зміст карбонатних солей, *Nt* – зміст засвоюваних форм азоту, *Ae* – аерація, *Tm* – терморезим, *Om* – омброрезим, *Kn* – континентальність клімату, *Cr* – кріорезим, *Lc* – шкала освітлення, *Hu<sub>gr</sub>* – гідроморфи, *Troph\_B* – трофоморфи; *St* – степанти, *Pr* – пратанти, *Hel* – геліоморфи. Напівжирним виділено статистично значні коефіцієнти.

Застосування інструментів дисперсійного аналізу дає змогу наочно побачити відмінність кластерів за виділеними характеристиками (рис. 5).

Перший кластер характеризують підвищені значення за шкалами температурного режиму, кріоклімату й освітленості. Порівняно високі значення за шкалами змінності зволоження, сольового режиму та трофоморф відрізняють другий кластер.



**Рис. 3.** Результати дисперсійного аналізу відмінностей кластерів за шкалами змінності зволоження, сольового, температурного режимів, режиму освітленості ґрунту, кріоклімату та розподілення трофоморф

Примітка. Вісь абсцис – значення відповідної шкали, вісь ординат – номер кластера.

Результати дослідження дають підставу говорити про наявність екоморфічної будови педозему ділянки рекультивації Нікопольського марганцеворудного басейну, визначеної за показниками твердості. Твердість дослідженого ґрунту в цілому збільшується з глибиною, однак характер такого збільшення істотно відрізняється в різних точках дослідної ділянки й формує профілі із характерними змінами твердості. Профілі розміщуються досить компактно, об'єднуючись у кластери, які займають певну територію та формують наочні структури. Екологічний характер формування цих структур доводить їх зв'язок з екологічними властивостями екотопу. Вихідними даними для такої

оцінки є перелік видів із зазначенням їх достатку (із геоботанічних описів) і відповідний для видів перелік значень того чи іншого екологічного фактора, що виражено через екологічні шкали [4; 15]. Таким чином оцінюють екологічні властивості екотопу: ступінь освітленості місцеперебування, зволоження ґрунту, його багатство, кислотність, уміст азоту в ґрунті, кліматичні характеристики цієї місцевості. Крім того, за складом рослинності можна оцінити представленість ценоморф у рослинному покриві місцевості, що є інтегральною оцінкою умов зростання рослин.

Статистична достовірність варіацій зовнішніх ознак, пов'язаних із просторовою гетерогенністю ґрунтових ділянок, що належать різним кластерам, дає можливість їх змістовного опису й підтверджує екологічний характер формування виявлених ґрунтових структур – екоморф. Ґрунтові екоморфи – це елементи просторової організації ґрунту надгоризонтного рівня, які володіють власними розмірами, формою, визначеними закономірностями розподілу в просторі. Екоморфи педозему, що відрізняються різким збільшенням твердості з глибиною, характеризуються порівняно меншими перепадами рівня зволоженості ґрунту, меншими показниками засоленості, підвищеною температурою ґрунту, освітленістю та найбільшими величинами оптимумів режиму кріоклімату. Екоморфічна будова ґрунту, виражена в плавному збільшенні твердості з глибиною й наявністю декількох локальних максимумів твердості, пов'язана з порівняно більшою засоленістю, високою змінністю зволоження, меншою освітленістю, низькими температурами та сильнішим промерзанням ґрунту. На ділянках ґрунту, віднесених до другого кластера, простежуємо більшу представленість у рослинному угрупованні рослин із підвищеними вимогами до ґрунтового живлення.

Ґрунтові екоморфи виявлені як у технозомах, так і в чорноземі [9; 10; 12; 13; 28]. Їх можна називати елементами неоднорідності, оскільки вони відрізняються за критерієм твердості від суміжних елементів організації – ґрунтового матеріалу, у якому розміщуються. Ці морфологічні утворення є елементами організації ґрунту як природного тіла. Вони відокремлені від суміжного ґрунтового простору градієнтними межами, які відносять до найбільш «природних», оскільки їх положення в ґрунтовому просторі найменше зумовлене позицією й поглядами дослідника [5]. Протягом сезону зі зміною температурних умов, умов зволоження, вигляду рослинного співтовариства конфігурація екоморф змінюється [13]. Відмінними за формою та будовою є екоморфи різних ґрунтів [9; 10; 12; 13; 28]. Ґрунтова будова залежить від екологічних факторів, що доводить функціональний зв'язок ґрунтових екоморф із факторами середовища. Ми вважаємо, що формування екоморфічної будови – це спосіб взаємодії ґрунту як складової частини біогеоценозу з іншими його компонентами. Під екоморфічною будовою розуміємо особливості структури (у широкому сенсі слова) ґрунтових екоморф і їх взаємне розміщення в навколишньому ґрунтовому матеріалі як частин, що становлять одне ціле – ґрунтове тіло. Виявлення ґрунтових екоморф виконує класифікаційні завдання ієрархії морфологічних елементів, позначені рядом авторів [14; 22]. Крім того, ґрунтові екоморфи можуть виявитись однією з відсутніх ланок діатропічної системи живого світу Землі [25], елементарною одиницею організації якої є біогеоценоз.

Результати нашого дослідження розкривають деякі механізми взаємодії ґрунту як компонента біогеоценозу з іншими його компонентами й описують інтегральну картину процесів-посередників між факторами ґрунтоутворення та властивостями ґрунтів. Властивості ґрунту визначають його функції, найважливішою з яких є його роль у збереженні біорізноманіття. Ідеться не про біорізноманіття, яке пов'язане з таксономічною різноманітністю ґрунтів у глобальних масштабах, а про забезпечення існування величезної кількості видів живих істот у таксономічно однакових ґрунтах. Навіть у межах одного біогеоценозу здебільшого кількість видів порівняна з числом видів ґрунтів, що виділяються ґрунтознавцями [5; 27]. І рослини, і тварини, і мікроорганізми знаходять собі екологічну нішу, яка цілком або частково розміщується в ґрунтовому просторі. Співіснування видів із різними вимогами до ґрунтового середовища можливе завдяки наявності ґрунтової екоморфічної будови, що забезпечує сприятливі умови для життя організмів із різними, інколи протилежними вимогами до умов існування.

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Внутрішньоґрунтовими процесами, що забезпечують взаємодію ґрунту як компонента біогеоценозу з іншими його компонентами, є процеси формування ґрунтових екоморф. Про це свідчить зв'язок мінливості зовнішніх умов із ґрунтовою екоморфічною будовою, вираженою через варіабельність показників твердості ґрунту. Формування ґрунтової екоморфічної будови – це передатний механізм між факторами зовнішнього середовища й



властивостями ґрунтів, який дає пояснення проміжній ланці головної природничої парадигми ґрунтознавства. Ґрунтові екоморфи, за аналогією з екоморфами видів, є пристосуваннями ґрунту до біогеоценозу в цілому та до кожного з його структурних елементів. Як матеріальні тіла вони мають свою форму, природні межі, закони взаємного розміщення. Як елементи будови біокосного тіла ґрунту його екоморфи є відсутньою ланкою в діатропічній організації складної, внутрішньо обумовленої єдності біогеоценозу. Їх функціональна роль, на наше переконання, – це збереження біорізноманіття, що сприяє стійкості біогеоценотичного угруповання.

#### *Джерела та література*

1. Андрусевич Е. В. Экологическое пространство животного населения дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах / Е. В. Андрусевич // Ґрунтознавство. – Днепропетровск, 2014. – Т. 15, № 1–2. – С. 120–134.
2. Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М. : Лесная пром., 1971. – 336 с.
3. Бондарь Г. А. Экологическая структура растительного покрова, сформированного в результате самозарастания дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках / Г. А. Бондарь, А. В. Жуков // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – № 1. – С. 54–62.
4. Дідух Я. П. Основы біоіндикації / Я. П. Дідух. – К. : Наук. думка, 2012. – 344 с.
5. Дмитриев Е. А. Теоретические и методологические проблемы почвоведения / Е. А. Дмитриев. – М. : ГЕОС, 2001. – 374 с.
6. Стеревська Л. В. Рекультивовані ґрунти: підходи до класифікації і систематики / Л. В. Стеревська, Г. Ф. Момот, Л. В. Лехцієр // Ґрунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 3–4. – С. 147–150.
7. Жуков А. В. Пространственное размещение пороев слепышей (*Spalax mi-crophthalmus*) и твёрдость почвы / А. В. Жуков, О. Н. Кунах, Т. М. Коновалова // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 1. – С. 3–15.
8. Жуков А. В. Фитоиндикационное оценивание измерений, полученных при многомерном шкалировании структуры растительного сообщества / А. В. Жуков // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. – 2015. – № 1. – С. 69–93.
9. Жуков А. В. Роль внегоризонтных почвенных морфоструктур в организации растительности дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках (Никопольский марганцево-рудный бассейн) / А. В. Жуков, Г. А. Задорожная // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. – Серія : Біологія. – 2015. – Вип. 24. – С. 171–186.
10. Жуков А. В. Оценка экоморфогенеза педозема и чернозема обыкновенного на основе показателей твердости / А. В. Жуков, Г. А. Задорожная // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Агрохімія і ґрунтознавство». – Вип. 81. – Х. : ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського», 2015. – 84. – С. 72–80.
11. Забалуєв В. О. Технологія створення продуктивних багаторічних агрофітоценозів для рекультивованих земель / В. О. Забалуєв // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2003. – № 3. – С. 12–15.
12. Задорожна Г. О. Екологічний аспект просторової неоднорідності едафотопів техногенного походження / Г. О. Задорожна // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – Серія : Біологічні науки. – 2016. – Т. 332, № 7. – С. 106–116.
13. Задорожная Г. А. Сезонная динамика экоморфического строения чернозема / Г. А. Задорожная // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Агрохімія і ґрунтознавство». – Вип. 85. – Х. : ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського», 2016. – 84. – С. 53–60.
14. Захарченко А. В. Опыт трехмерного отражения поверхностей почвенных горизонтов в натуральных исследованиях / А. В. Захарченко, Н. В. Захарченко // Почвоведение. – 2006. – № 2. – С. 153–160.
15. Информационно-аналитическая система для оценки сукцессионного состояния лесных сообществ / [Л. Б. Загульнова, Л. Г. Ханина, А. С. Комаров и др.]. – Препринт : Пушино, ПНЦ РАН, 1995. – 51 с.
16. Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : ГЕОС, 2005. – 336 с.
17. Масюк Н. Т. Рекультивация земель в Украине: фундаментальные и прикладные достижения / Н. Т. Масюк // Вісник аграрної науки. – 1998. – С. 15–21. – (Спец. вип., січ.).
18. Матвеев Н. М. Оптимизация системы экоморф растений А.Л. Бельгарда в целях индикации экотопа и биотопа / Н. М. Матвеев // Вісник Дніпропетровського університету. – Серія : Біологія, Екологія. – 2003. – Вип. 11. – Т. 2. – С. 105–113.
19. Медведев В. В. Твердость почв / В. В. Медведев. – Харьков : Городская тип., 2009. – 152 с.
20. Пространственная агроэкология и рекультивация земель : монография / [А. А. Демидов, А. С. Кобец, Ю. И. Грицан, А. В. Жуков]. – Днепропетровск : Изд-во «Свидлер А. Л.», 2013. – 560 с.
21. Роде А. А. Генезис почв и современные процессы почвообразования / А. А. Роде. – М. : Наука, 1984. – 256 с.

22. Розанов Б. Г. Морфология почв. / Б. Г. Розанов. – М. : Академический проект, 2004. – 432 с.
23. Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів / В. В. Тарасов. – Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2005. – С. 276–409.
24. Травлеев А. П. Экология почвообразования лесных черноземов / А. П. Травлеев, Н. А. Белова, А. К. Балалаев // Грунтознавство. – 2008. – Т. 9, № 1–2. – С. 19–29.
25. Чайковский Ю. В. Активный связанный мир. Опыт теории эволюции жизни / Ю. В. Чайковский. – М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2008. – 726 с.
26. Boogaart K. Gerald. Package 'tensorA'. Advanced tensors arithmetic with named indices / K. Boogaart // 2010. – 48 s. [Elektronik resourse]. – Mode of access : <http://www.stat.boogaart.de/tensorA>
27. Chesson P. Mechanisms of maintenance of species diversity / P. Chesson // Annu. Rev. Ecol. Syst. – 2000. – Vol. 31. – P. 343–366.
28. Zhukov A. Spatial heterogeneity of mechanical impedance of atypical chernozem: the ecological approach / Alexander Zhukov, Galina Gadorozhnaya // Ekologia (Bratislava). – 2016. – Vol. 35, № 3. – P. 263–278.
29. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils / [C. A. Cambardella, T. B. Moorman, J. M. Novak et al.] // Soil Science Soc. Am. – 1994. – Vol. 58. – P. 1501–1511.
30. Strategies of ecological extrapolation / [D. P. C. Peters, J. E. Herrick, D. L. Urban et al.] // Oikos. – 2004. – Vol. 106. – P. 627–636.

**Задорожная Галина. Экоморфы технозема Никопольского марганцево-рудного бассейна.** Исследована пространственная вариабельность педозема на участке рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна по регулярной сетке (105 точек). Произведен экоморфический анализ растительности в каждой ячейке полигона. С помощью геостатистического анализа на основе вариограмм установлена степень пространственной зависимости показателей твердости изучаемой почвы послойно через каждые 5 см на глубину 50 см. Построены карты пространственного распределения показателей твердости технозема по слоям. Кластерный анализ, проведенный на основе полученных статистических данных, позволил распределить имеющиеся профили изменения твердости почвы в три кластера с характерной для них относительно однотипной динамикой свойства. Экологическое содержание разделения участков почвы на кластеры изучено с помощью дискриминантного и дисперсионного анализов. Внешними факторами, связанными с определенными почвенными профилями, характерными для каждого из трех кластеров, являются переменность увлажнения, солевой, температурный режимы почвы, режимы освещенности и криоклимата, а также распределение трофоморф в растительном сообществе. Статистическая достоверность вариаций внешних признаков сопряженных с пространственной гетерогенностью почвенных участков, принадлежащих разным кластерам, дает возможность их содержательного описания и подтверждает экологический характер формирования выявленных почвенных структур – экоморф. Результаты исследования раскрывают некоторые механизмы взаимодействия почвы как компонента биогеоценоза с другими его компонентами и обрисовывают интегральную картину происходящих в ней процессов-посредников между факторами почвообразования и свойствами почв.

**Ключевые слова:** твердость почвы, морфологические элементы, экологические факторы.

**Zadorozhnaya Galyna. Ecomorphs Tehnozem of Nikopol Manganese Mining Basin.** The spatial variability of the mechanical impedance of the pedozem have been investigated within a regular grid (105 points) in Nikopol manganese ore basin polygon. Ecomorphic analysis of the vegetation in each cell of the grid has been done. The degree of spatial dependence of soil mechanical impedance in each layers from 5 cm to a depth of 50 cm have been assessed with the help of geostatistical analysis based on variogram. Maps of the spatial distribution of the tehnozem mechanical impedance have been plotted. Cluster analysis, conducted on the basis of the statistical data allowed to distribute the existing changes in soil mechanical profiles in three clusters with characteristic for them, relative to the same type of dynamic properties. Environmental separation content of the soil plots on clusters studied using discriminant and variance analyzes. Externalities associated with certain soil profiles characteristic of variability of damping, total salt regime, thermal climate, light in community, cryoclimate, trophicity index in the plant community. Statistical significance of variations of external properties associated with the spatial heterogeneity within soil plots belonging to different clusters allows them to be meaningfully interpreted and confirms the formation of ecological nature of the identified soil structures – ecomorphs. The findings reveal some of the mechanisms of interaction between the soil as biogeocoenose component with other components, and outline an integrated picture of the processes occurring in it intermediary between the factors of soil formation and soil properties.

**Key words:** soil penetration resistance, morphological features, environmental factors

Стаття надійшла до редколегії 07.09.2016 р.