

Маслікова К. П.

УДК 622.882+631.425+631.427

## ФІТОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ДИНАМІКИ РЕЖИМУ АЕРАЦІЇ ТЕХНОЗЕМІВ НІКОПОЛЬСЬКОГО МАРГАНЦЕВОРУДНОГО БАСЕЙНУ

К. П. МАСЛІКОВА кандидат біологічних наук

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*E-mail: mkaterina@ukr.net*

**Анотація.** У роботі встановлені закономірності динаміки режиму аерації техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну протягом сільськогосподарської рекультивації порушених земель. Досліди проведені на науково-дослідному стаціонарі Дніпровського державного аграрно-економічного університету (м. Покров, Дніпропетровська область, Україна). Часова динаміка змін фітоіндикаційних показників була апроксимована рівнянням Хілла. Запропонована аналітична залежність між показниками рослинних аероморф та порозністю ґрунту. Показано, що у процесі ґрунтогенезу техноземів важливою тенденцією є збільшення показників

режиму аерації ґрунтів, що віддаляє екологічні умови в них далі від оптимальних для переважної більшості культурних рослин. Крім того, така тенденція робить екстремальними умови існування для природних видів рослин та тварин-педобіонтів. Тенденцію до збільшення аерації можна розглядати як етап більш тривалого у часі процесу, який повинен стабілізуватися та привести до формування екологічних режимів техноземів, які наближені до природних аналогів.

**Ключові слова:** повітряний режим ґрунту, аероморфи, фітоіндикація, рекультивація, часова динаміка, сукцесії

**Актуальність.** Рослинні угруповання, які сформувалися на техноземах Нікопольського марганцеворудного басейну, ідентифіковані як степові псевдомоноценози з лучною та рудеральною компонентами [10]. Важливими аспектами, які характеризують екологічні умови наземних біогеоценозів степової зони, є гігротоп та трофотоп [3]. Фітоіндикаційне оцінювання дозволило встановити, що режим вологості едафотопів техноземів є

перехідним між сухуватими та свіжуватими умовами [4]. Едафотопи штучно створених рекультивованих екосистем за режимом трофності є перехідними від середньобагатих до родючих [23]. Режими трофності та вологості є сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур. Рослинний покрив техноземів значною мірою інтегрований в консортивні зв'язки з іншими компонентами антропогенних екосистем [16].

Раніше нами підтверджена

Маслікова К. П.

гіпотеза, що конструкція ґрунтоподібного тіла у нуль-момент свого існування визначає динаміку та траєкторію ґрунотворного процесу [12]. Характер підстилаючої породи техноземів, яка знаходиться на певній глибині, значно впливає на перебіг процесів ґрунтоутворення у межах усього ґрунтового профілю [18]. Підстилаюча порода регулює процеси контакту техноземів з навколишнім середовищем, так як визначає інтенсивність профільної міграції вологи та розчинених солей [13, 24]. Наявність водостійких агрегатів біогенного походження згладжує варіювання щільності глинистих ґрунтів, які виникають внаслідок процесів набухання та усадки, що дозволяє підтримувати на стабільному рівні структуру їх порового простору [19]. Як наслідок, ґрунти після фітомеліоративної фітозміни набувають таких особливостей, як зменшений рівень інфільтрації, але збільшений рівень фільтрації [21]. Оптимальні значення показників сорптивності та фільтрації тісно кореспондують з профільними властивостями ґрунтів, які можна дослідити за допомогою показників твердості. Однорідність складення та водотривка агрегатна структура визначають оптимальні функціональні режими техноземів [12]. Агрегатна структура ґрунту визначає його режим аерації [8, 20]. У цьому зв'язку розгляд режиму аерації та структурної організації техноземів слід поєднати.

За допомогою екоморфічного підходу встановлені особливості структури угруповань герпетобіонтних безхребетних техноземів, які сформувалися внаслідок багаторічної сільськогосподарської рекультивації земель Нікопольського марганцеворудного басейну [1, 9]. Показане, що на дослідженій території у-різноманіття угруповання герпетобіонтних безхребетних техноземів становить 235 видів. Угруповання є степовим моноценоценозом та представлене усім різноманіттям ценоморф, яке характерно для регіональної фауни герпетобіонтів. Організація техноземів безпосередньо визначає екологічні режими вологості, які чітко можуть бути індіковані за допомогою гігоморфічних спектрів герпетобію. Трофоценоморфічна структура герпетобіонтів індікує високий рівень потенційної родючості техноземів та потенціал трансформації органічної речовини у напрямку накопичення гумусу [11].

У Дніпровському державному аграрно-економічному університеті під керівництвом професорів М. Є. Бекаревича та М.Т. Масюка був закладений унікальний експеримент по дослідженню штучно створених ґрунтоподібних тіл – техноземів [2], який триває вже більше півстоліття. Ми маємо можливість спостерігати процес перетворення гірських порід у родючі землі. Рослинний покрив є

Маслікова К. П.

найважливішим фактором ґрунтоутворення, а також джерелом надійної інформації про стан цієї складної системи [5].

**Мета дослідження.** Метою нашого дослідження є встановити закономірності динаміки режиму аерації техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну протягом сільськогосподарської рекультивациі порушених земель.

**Матеріали та методи дослідження.** Досліди проведені на науково-дослідному стаціонарі Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету (м. Покров, Дніпропетровська область, Україна). Експериментальна ділянка по дослідженню оптимальних режимів рекультивациі була створена у 1968–1970 рр. Дослідження проведені в період 2008–2017 рр. Відомості про динаміку заростання відвалів на фазі формування ембріоземів протягом першого періоду sukcesії (2, 4, 6, 8 років) взяті з роботи М. Т. Масюка [14]. Відомості про стан рослинного угруповання на техноземах віком 39, 40, 41 та 42 роки – власні експериментальні результати [10]. Часова динаміка змін фітоіндикаційних показників була апроксимована рівнянням Хілла, яке має вигляд:

$$Y = \frac{T^n}{T^n + K'}$$

де  $Y$  – екологічний фактор;  $T$  – час існування технозему, роки;  $n$  та  $K'$  – константи. Коефіцієнт Хілла

знайдений як вільний член лінійної залежності, побудованої у координатах  $\log T$  – ось абсцис,  $\log (Y/(Y_{\max}-Y))$  – ось ординат. Коефіцієнт Хілла характеризує кооперативність динаміки процесу. При коефіцієнті Хілла, який більше 1 спостерігається позитивний кооперативний ефект, при коефіцієнті Хілла, який менший 1 – негативний кооперативний ефект, якщо коефіцієнт дорівнює одиниці – кооперативний ефект відсутній.

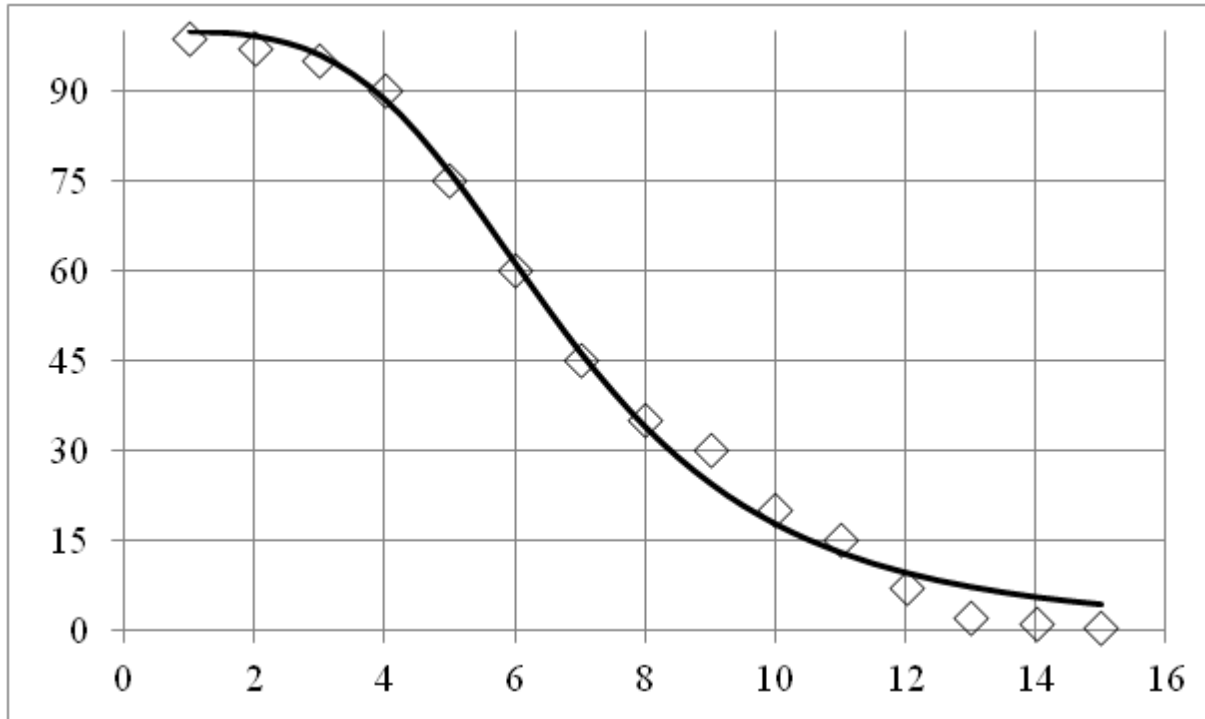
Рослинний покрив вивчався на дерново-літогенних ґрунтах на лесоподібних суглинках, сіро-зелених глинах, червоно-бурих глинах і на педоземах. На ділянці з 1995 по 2003 рр. виростав багаторічний бобово-злаковий агрофітоценоз. З 2004 р. розпочався процес само заростання. Геоботанічні описи виконувались на ділянках  $3 \times 3$  м ( $9 \text{ м}^2$ ) з оцінюванням проективного покриття. На кожному типі техноземів виконувалось 105–160 таких описів кожного разу. Загальна кількість описів становить 1900.

Аерація ( $A_e$ ) – властивість ґрунту, що впливає на хімічні процеси (окиснення або відновлення), визначає характер перебігу процесів трансформації органічної речовини (гуміфікація або мінералізація), склад і розвиток мікрофлори, умови існування ґрунтових тварин і лімітує поширення багатьох видів рослин. Аерація зумовлена двома чинниками: обводненістю ґрунту і його гранулометричним складом, оскільки

Маслікова К. П.

в піщаних ґрунтах вода може краще переміщуватись й переносити кисень порівняно з глинистими, мулистими, у яких можуть створюватися анаеробні умови, або комбінація аеробних та анаеробних умов. Шкала аерованості

включає 8 груп разом із проміжними і налічує 15 балів [6]. Кожному показнику аероморф поставлене у відповідність значення шпаруватості аерації від загального об'єму шпар ґрунту (рис. 1).



**Рис. 1.** Залежність між фітоіндикаційними оцінками аерації (ось абсцис) та шпаруватістю аерації ґрунту (ось ординат, точки – за [6]; лінія – апроксимація за нашою моделлю)

Розрахунки показують, що залежність між показниками аероморф та шпаруватістю аерації ґрунту можна апроксимувати рівнянням Хілла:

$$Y = 100 - \frac{X^{3.91}}{100 \cdot (X^{3.91} + 1736)}$$

де  $Y$  – шпаруватість аерації ґрунту, в %;  $X$  – показник аероморф. Цю залежність ми застосовували для перерахунку фітоіндикаційних оцінок аерації ґрунту в показник шпаруватості аерації ґрунту.

Агрегатний склад визначали

методом сухого просіювання за Савіновим [7]. За даними сухого просіювання розраховували коефіцієнт структурності:

$$K_{\text{стр.}} = A/B,$$

де  $K_{\text{стр.}}$  – коефіцієнт структурності;  $A$  – сума макроагрегатів розміром від 0,25 до 10 мм, %;  $B$  – сума агрегатів <0,25 і грудок >10 мм, %.

#### **Результати та обговорення.**

Урахування наших даних та результатів, одержаних М. Т.

Маслікова К. П.

Масюком [14] вказує на те, що рослинний покрив техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну представлений 136 видами рослин. Рослинний покрив техноземів (дерново-літогенні ґрунти та педоземи) після понад піввікового періоду рекультивації представлений 91 видами судинних рослин [10]. Рослини належать до двох класів: Liliopsida (1 порядок, 1 родина, 13 видів) та Magnoliopsida (14 порядків, 20 родин, 78 видів). За кількістю видів у рослинних угрупованнях, які сформовані на техноземах, превалюють родини Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae та Rosaceae. Ці родини разом обіймають 71,5 % від загальної кількості видів, які встановлені для дослідного полігону. Значне видове та таксономічне різноманіття угруповань рослин робить обґрунтованим застосування засобів фітоіндикації для оцінювання екологічних режимів техноземів.

Фітоіндикаційне оцінювання вказує на варіювання умов аерації дерново-літогенних ґрунтів та педоземів у діапазоні від аерофільних до субаерофільних. За Дідухом [6] аерофіли займають дуже аеровані екотопи з розколинами і порожнинами, а також ростуть в умовах обмеженого промочування кореневмісного шару ґрунту опадами ( $A_e = 85-95\%$ ). У свою чергу

субаерофіли займають значно аеровані ґрунти з включенням щебеню гірських порід, піску, а також ростуть за незначного або помірного промочування кореневмісного шару ґрунту опадами і талими водами ( $A_e = 55-80\%$ ).

Найменший рівень аерації едафотопу характерний для дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах (табл. 1). Фітоіндикаційна оцінка аерованості для цих ґрунтів становить 66,5–78,4 %. Найбільша аерованість характерна для дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках (80,2–81,2 %), дещо менший цей показник для педоземів (75,2–80,2 %) та для сіро-зелених глин (71,6–77,4 %).

Протягом періоду спостережень фітоіндикаційні оцінки аерації ґрунту демонстрували флуктуаційну мінливість. У 2012 та 2013 рр. показники режиму аерації були на подібному рівні, тоді як у 2014 р. спостерігалось значне збільшення простору шпар, яке зайняте повітрям. Найбільша стійкість оцінок у часі характерна для дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках. Дещо більші міжрічні коливання встановлені для техноземів на сіро-зелених глинах. Найбільші варіації фітоіндикаційних оцінок аерації характерні для дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах та педоземів.

Маслікова К. П.

### 1. Фітоіндикаційні оцінки показників режиму аерації техноземів (середнє значення $\pm$ ст. помилка)

Тип технозему	Рік	Ae	Шпаруватість аерації ґрунту, в %
Дерново-літогенні на червоно-бурих глинах	2012	5.65 $\pm$ 0.05	66.48 $\pm$ 0.77
	2013	5.21 $\pm$ 0.05	72.91 $\pm$ 0.74
	2014	4.78 $\pm$ 0.07	78.39 $\pm$ 0.84
Дерново-літогенні на лесоподібних суглинках	2012	4.60 $\pm$ 0.05	81.10 $\pm$ 0.65
	2013	4.59 $\pm$ 0.06	81.22 $\pm$ 0.70
	2014	4.66 $\pm$ 0.06	80.17 $\pm$ 0.73
Педоземи	2012	4.81 $\pm$ 0.04	78.55 $\pm$ 0.55
	2013	5.06 $\pm$ 0.04	75.15 $\pm$ 0.57
	2014	4.34 $\pm$ 0.05	84.28 $\pm$ 0.58
Дерново-літогенні на сіро-зелених глинах	2012	5.12 $\pm$ 0.05	74.25 $\pm$ 0.73
	2013	5.30 $\pm$ 0.05	71.57 $\pm$ 0.76
	2014	4.88 $\pm$ 0.06	77.40 $\pm$ 0.79

Режим аерації значною мірою визначається агрегатною структурою ґрунту. Аналіз розподілу агрегатної структури техноземів даної ділянки рекультивації за профілем (табл. 2) дозволив встановити, що серед

досліджених техноземів найбільший вміст глибистої фракції (з діаметром агрегатів  $> 10$  мм) саме у дерново-літогенному ґрунті на сіро-зеленій глині.

### 2. Агрегатна структура дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах, педоземах, сіро-зелених глинах і лесоподібних суглинках за профілем

Шар, см	Агрегатні фракції розміром, мм (% від загальної ваги)								K <sub>стр</sub>
	>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	
<b>Червоно-бурі глини</b>									
<b>0-10</b>	13,08	7,74	5,26	10,04	39,36	6,46	8,98	9,07	3,51
<b>10-20</b>	23,32	8,60	6,01	15,48	32,28	4,62	5,11	4,58	2,58
<b>20-30</b>	23,18	9,71	8,00	14,80	29,21	4,16	5,71	5,24	2,52
<b>30-40</b>	26,34	13,58	10,66	17,58	22,75	2,99	3,63	2,47	2,47
<b>40-50</b>	34,57	12,11	11,20	16,74	18,24	2,38	2,18	2,58	1,69
<b>50-60</b>	23,02	12,95	11,35	18,86	24,21	2,89	3,61	3,11	2,83
<b>60-70</b>	21,27	14,58	11,22	16,65	24,97	3,73	3,63	3,95	2,97
<b>70-80</b>	26,54	13,80	9,54	12,81	22,13	4,19	5,49	5,50	2,12
<b>80-90</b>	30,60	12,50	7,92	11,31	21,55	3,65	6,00	6,47	1,70
<b>90-100</b>	33,73	12,03	7,12	11,27	18,39	4,18	6,34	6,93	1,46



Маслікова К. П.

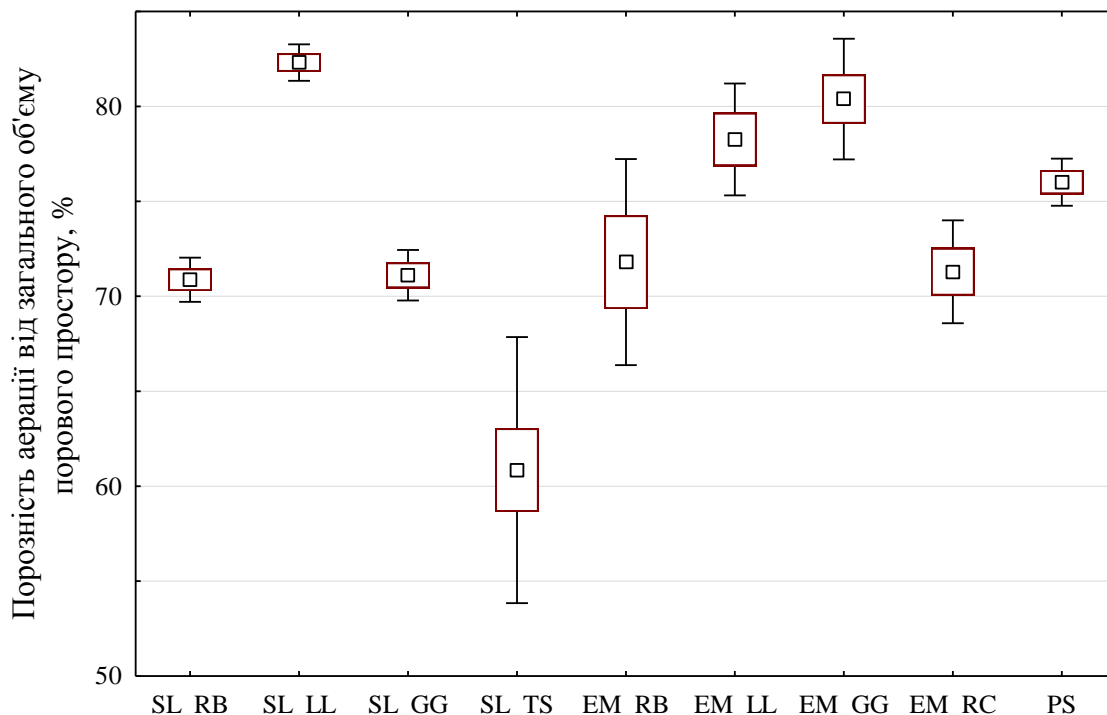
<b>Педоземи</b>									
<b>0–10</b>	33,39	4,26	5,18	9,67	34,70	4,08	4,29	4,43	1,64
<b>10–20</b>	21,83	9,06	9,44	19,36	28,56	2,64	4,00	5,10	2,71
<b>20–30</b>	20,05	8,75	9,22	17,94	30,18	3,59	5,02	5,26	2,95
<b>30–40</b>	34,53	17,79	11,85	18,17	11,72	1,61	2,34	1,99	1,74
<b>40–50</b>	40,27	14,57	10,82	13,37	14,87	1,69	1,80	2,60	1,33
<b>50–60</b>	47,98	12,40	8,38	10,07	14,17	1,79	2,17	3,04	0,96
<b>60–70</b>	38,30	12,66	9,98	13,85	17,60	1,91	2,47	3,23	1,41
<b>70–80</b>	35,47	12,42	8,56	13,51	19,79	2,85	3,12	4,29	1,52
<b>80–90</b>	36,28	9,94	9,16	13,96	20,87	2,40	3,07	4,32	1,46
<b>90–100</b>	42,52	10,86	8,09	11,49	18,10	2,22	2,74	3,98	1,15
<b>Сіро-зелені глини</b>									
<b>0–10</b>	29,05	10,67	5,21	12,18	25,60	7,20	6,87	3,23	2,10
<b>10–20</b>	28,41	16,40	13,44	17,98	18,55	2,08	2,09	1,04	2,40
<b>20–30</b>	37,80	15,62	10,78	14,83	16,67	1,72	1,72	0,86	1,59
<b>30–40</b>	47,53	14,69	11,82	11,68	11,08	1,66	0,73	0,82	1,07
<b>40–50</b>	47,29	16,08	11,11	10,89	11,10	1,27	1,28	0,98	1,07
<b>50–60</b>	51,99	14,06	10,48	10,90	9,90	0,89	0,89	0,89	0,89
<b>60–70</b>	74,72	6,75	4,38	6,03	6,32	0,63	0,63	0,53	0,33
<b>70–80</b>	54,96	11,79	7,81	10,55	11,15	1,20	1,47	1,08	0,78
<b>80–90</b>	62,44	10,26	7,28	8,42	8,79	0,94	0,93	0,95	0,58
<b>90–100</b>	65,83	8,78	5,90	7,77	8,75	1,18	0,92	0,85	0,50
<b>Лесоподібні суглинки</b>									
<b>0–10</b>	7,92	5,30	7,90	20,17	39,55	6,36	6,14	6,66	5,86
<b>10–20</b>	15,85	5,77	8,32	23,88	36,44	2,17	3,24	4,32	3,96
<b>20–30</b>	27,45	12,79	7,57	13,49	25,81	2,65	4,24	6,01	1,99
<b>30–40</b>	36,03	8,19	6,82	12,24	26,35	3,09	3,52	3,76	1,51
<b>40–50</b>	27,20	10,24	9,61	14,99	28,25	3,24	4,27	2,19	2,40
<b>50–60</b>	47,60	17,03	11,91	11,06	8,36	1,52	1,48	1,04	1,06
<b>60–70</b>	42,40	18,37	11,79	12,69	10,74	1,63	1,24	1,16	1,30
<b>70–80</b>	45,67	15,16	11,12	12,15	11,72	1,36	1,47	1,36	1,13
<b>80–90</b>	39,26	17,87	12,45	13,94	12,12	1,60	1,34	1,41	1,46
<b>90–100</b>	48,35	15,26	9,23	11,25	12,20	1,39	1,02	1,30	1,01

Маслікова К. П.

Також встановлено зниження коефіцієнта структурності цього виду технозему більш ніж в удвічі на глибині 30–70 см. Тобто зменшення щільності складання у цьому субстраті відбувається за рахунок міжагрегатного простору, що не можна вважати умовою для створення оптимального водно-повітряного та поживного режимів ґрунту. Водно-фізичні властивості педоземів та дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках на червоно-бурих та сіро-зелених глинах відбивають їх здатність пропускати і утримувати вологу, що надходить у вигляді опадів, чи поливної води, а також переносити її з глибинних шарів у поверхневі, до рослин [23].

Ґрунтове повітря та вода є антагоністами: вони конкурують за

майже фіксоване значення об'єму простору шпар. Оптимальний рівень ґрунтової аерації створює сприятливі умови для забезпечення киснем ґрунтової біоти, відведення оксиду вуглецю, який утворюється внаслідок метаболізму за умов достатньої кількості води, яка необхідна для живлення рослин та запобігає висиханню мешканців ґрунту. Рівень аерації між ембріоземами, дерново-літогенними ґрунтами та педоземами статистично вірогідно не відрізняється ( $F = 1.56$ ,  $p = 0.21$ ). Аерованість складає  $75.04 \pm 0.31$  % від загального об'єму простору шпар (у 95% випадків знаходиться у діапазоні 40.99–96.98 %) (рис. 2).



**Рис. 2. Фітоіндикаційна оцінка аерації**

**Умовні позначки:** SL\_RB – дерново-літогенні ґрунти на червоно-бурих глинах; SL\_LL – дерново-літогенні ґрунти на лесоподібних суглинках; SL\_GG – дерново-літогенні ґрунти на



Маслікова К. П.

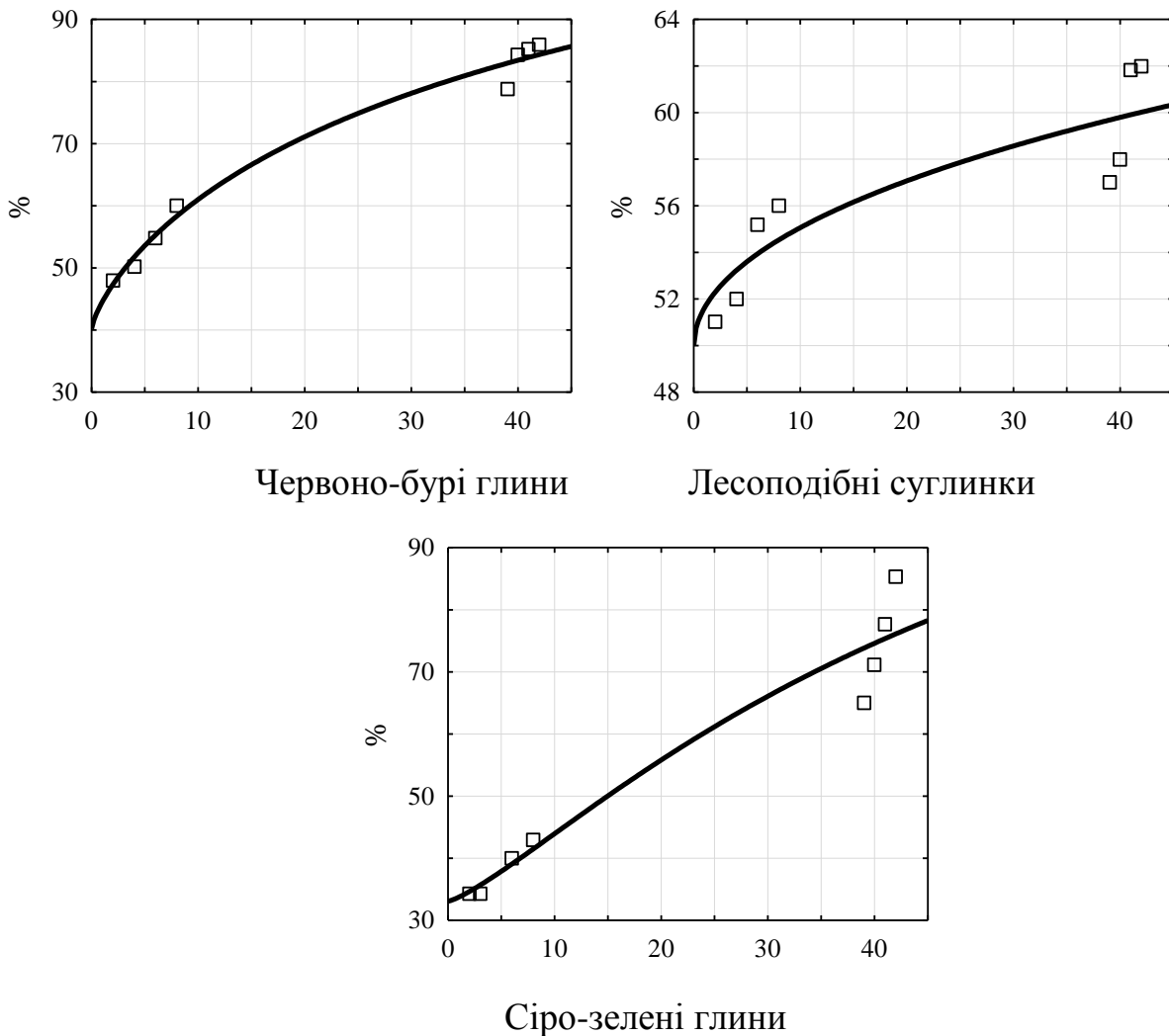
сіро-зелених глинах; SL\_TS – дерново-літогенні ґрунти на технологічній суміші гірських порід; EM\_RB – ембріоземи на червоно-бурих глинах; EM\_LL – ембріоземи на лесоподібних суглинках; EM\_GG – ембріоземи на сіро-зелених глинах; EM\_RC – ембріоземи на червоно-бурих суглинках; PS – педоземи.

Режим аерації техноземів найбільш сприятливий для субаерофілів – рослини, які надають перевагу значно аерованим ґрунтам з включенням щебеню гірських порід, що цілком відповідає умовам ґрунтоподібних тіл, сформованих на розкритих гірських породах. Особливості режиму аерації більшою мірою залежать від природи субстрату, ніж від терміну протікання ґрунтоутворення процесу в межах дослідженого періоду. Найменшим рівнем аерації характеризуються техноземи на червоно-бурих глинах (як ембріоземи, так і дерново-літогенні ґрунти –  $70.9 \pm 0.6$  та  $71.8 \pm 2.5$  % відповідно). Високі рівні аерації властиві техноземам на лесоподібних суглинках (ембріоземи –  $78.3 \pm 1.4$  %, дерново-літогенні ґрунти –  $82.3 \pm 0.5$  %) та на сіро-зелених глинах (ембріоземи –  $80.4 \pm 1.3$  %, дерново-літогенні ґрунти –  $71.1 \pm 0.7$  %).

Окремою важливою екологічною характеристикою ґрунту є пористість аерації (шпаруватість), тобто об'єм пор, заповнених повітрям. Повітря заповнює пори, не зайняті водою. Шпаруватий ґрунт створює умови проникнення повітря до

коріння рослин, розвиток мікробіального угруповання, але чим вище пористість, тим нижче фільтраційна здатність ґрунту. Найбільш оптимальні умови для процесів самоочищення ґрунту від біологічних, органічних, хімічних забруднень створюються при пористості 60–65 % (Umarova, 2011). На поверхні всі техноземи мають приблизно однакову шпаруватість, її показники коливаються у межах 50,12–52,84 %. По мірі просування вниз за профілем частка пор у техноземах дещо змінюється. У педоземі цей показник знижується, локальний мінімум (38,56 %) спостерігається на глибині 50–60 см від поверхні. Дерново-літогенні ґрунти на сіро-зелених глинах навпаки, виявились найбільш шпаруватими (до 56 % на глибині 30–40 см), що пов'язане зі зниженням показників щільності складання ґрунтів. Особливості впливу природи субстратів на режим аерації також проявляють себе у особливостях динаміки цих показників протягом ґрунтогенезу. Динамічні особливості вкрай специфічні для різних субстратів (рис. 3).

Маслікова К. П.



**Рис. 3. Динаміка порозності аерації за результатами фітоіндикації в процесі ґрунтогенезу техноземів**

Загальною особливістю є тенденція до збільшення аерації при трансформації субстратів від ембріоземів у дерново-літогенні ґрунти. Найскладніша природа процесів, які визначають динаміку аерації протягом ґрунтогенеза, властива для сіро-зелених глин, про що свідчить число Хілла відповідної моделі (табл. 3). Дещо менше число Хілла для моделі для динаміки червоно-бурих глин, а найпростіша

динамічна модель для лесоподібних суглинків.

Динаміку режиму аерації ми пов'язуємо з потенціалом набухання-усадки, який виступає у якості суттєвого модулятора структури порового простору. Найбільший потенціал усадки властивий для сіро-зелених глин, чим, вірогідно, визначається висока складність відповідної динаміки.

Маслікова К. П.

### 3. Рівняння динаміки порозності аерації екотопів (Y) за результатами фітоіндикації у часі ґрунтогенезу техноземів (x)

Субстрат	Рівняння	Число Хілла	T <sub>50</sub> , років	%
Червоно-бурі глини	$Y = 40.2 + 100 * x^{0.77} / (x^{0.77} + 22.3)$	1.89	10	87.0
Лесоподібні суглинки	$Y = 50.1 + 100 * x^{0.52} / (x^{0.52} + 61.1)$	1.34	11	62.5
Сіро-зелені глини	$Y = 33.1 + 100 * x^{1.27} / (x^{1.27} + 152.7)$	2.42	18	86.2

Розрахунковий стаціонарний стан режиму динаміки аерації червоно-бурих та сіро-зелених глин становить 87.0 та 86.2 %, що неможна визнати як показник сприятливого екологічного стану, особливо для сільськогосподарських рослин. Такі умови будуть сприятливі тільки для аерофілів – рослини, які займають дуже аеровані екотопи з розколинами і порожнинами [6]. Стаціонарним станом для лесоподібних суглинків є 62.5 %, що відповідає геміаерофобам. Геміаерофоби зростають на помірно аерованих сухих глинистих ґрунтах з повним промочуванням корневмісного шару ґрунту опадами [6].

### Висновок

Нами встановлено, що у процесі ґрунтогенезу техноземів важливою тенденцією є збільшення показників режиму аерації ґрунтів, що у переважній більшості віддаляє екологічні умови в них далі від оптимальних для переважної більшості культурних рослин. Крім того, така тенденція робить екстремальними умови існування для природних видів рослин та тварин-педобіонтів. Тенденцію до збільшення аерації можна розглядати як етап більш тривалого у часі процесу, який повинен стабілізуватися та привести до формування екологічних режимів техноземів, які наближені до природних аналогів.

### References

1. Andrushevich 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.
2. Bekarevich N.E. (1971). Natural conditions of the Nikopol manganese ore basin. On Land reclamation in the steppe of Ukraine. Dnepropetrovsk: Promin, 11–20.
3. Belgard A.L. (1950). Forest vegetation of South–East part of the USSR. Kiev: Kiev State University, 263.
4. Bondar G. A., Zhukov A.V. (2011). Ecological structure of plant cover formed as a result of overgrowing sod lithogenic on loess loam soil. Bulletin of Dnepropetrovsk State Agrarian University, 1, 54–62.
5. Demidov A.A., Kobets A.S.,

Маслікова К. П.

- Gritsan Yu.I., Zhukov A.V. (2013). Spatial agricultural ecology and soil recultivation. Dnepropetrovsk: A.L. Svidler Press, 560. DOI: 10.13140/RG.2.1.5175.5040
6. Didukh Ya. P. (2011). The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv: Phytosociocentre, 176.
7. DSTU 4744:2007. Soil quality. Determination of structural-aggregate composition sieve method to modify N. I. Savvinova. Kyiv.
8. Karpachevsky, L. O., 2005. Ecological soil science. Moscow: Geos, 336.
9. Kunah O. N., Prokopenko E. V., Zhukov A. V. (2014). Ecomorphic organisation of the ukraine steppe zone spider community. Gruntoznavstvo, 15(1–2), 101–119.
10. Maslikova K.P. (2017). Vegetation ecological structure of Nikopol manganese ore basin replantosems. News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University. 4 (46), 77–88.
11. Maslikova K.P. (2018). Ecomorphic community structure of the herpetobiont invertebrates of Nikopol manganese ore basin tehnosols. National University of Bioresources and management of natural resources of Ukraine. Scientific report NUBiBiP of Ukraine. 2 (72). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/10634>
12. Maslikova K.P. (2018). Management of functional properties of recultozem models with placement primary stratigraphy. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 619–627. doi: 10.15421/2018\_257
13. Maslikova K.P., Ladska I.V., Zhukov O.V. (2016). Permeability of soils in artificially created models with different stratigraphy. Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University, 6 (3), 234–247. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/201693>
14. Masuk N.T. (1974). Features of formation of natural and cultural phytocenoses overburden rocks in areas of industrial mining. Land reclamation, Dnepropetrovsk, 62–105.
15. Umarova A. B. (2011). Preferential flow in soils: formation regularity and significance of soil functioning. Moscow: GEOS, 266.
16. 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.
17. Zadorozhna G. O., Kunah O. N., Zhukov O. V. (2012). The spatial organization of soddy-lithogenic soils on the redbrown clays. Problems of the ecology and nature protection of the technogenic region 1(12), 226–237.
18. Zadorozhnaya G. A., Andrusyevych K.V., Zhukov O.V. (2018). Soil heterogeneity after recultivation: ecological aspect. Folia Oecologica, 45, 46–52
19. Zhukov A. V., Zadorozhnaya G. A., Ljadsckaja I. V. (2013). Spatial patterns of the soil infiltration on a valley slope. Bulletin of Dokuchaev Kharkiv National Agricultural University. Series Soil science, agricultural chemistry, agriculture, forestry, soil ecology, 22–27.
20. Zhukov A.V., Andrusyevich K.V., Lapko K. V., Sirotnina V. O. (2015). Geostatistical estimation of soil aggregate structure as a composite variable. Biological Bulletin, 3, 101–121

Маслікова К. П.

(in Russian).  
<http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v5i3.989>

21. Zhukov A.V., Maslikova K.P., Lyadsky I.V. (2016). Dependence of the Nikopol manganese ore basin technosols infiltration rate from the its physical properties. News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, № 4(42), 113–120.

22. Zhukov A.V., Zadorozhnaya, G. O., Bets T.U., Lyadskaya I. V. (2013). Dynamics of the shrinkage of the sod-lithogenic soils on the red-brown clays

over the layers. Biological systems, 5(3), 425–430.

23. Zhukov O.V., Zadorozhna, G.O., Maslikova K.P., Andrushevych K.V., Lyadskaya I.V. (2017). Tehnosols Ecology: Monograph. Dnipro: Zhurfond, 442.

24. 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.

## PHYTOINDICATION ASSESSMENT OF THE TECHNOSOLS AERATION REGIME DYNAMICS IN NIKOPOL MANGANESE ORE BASIN

**K. P. Maslikova**

*Abstract.* In the work the regularities of the regime of technosols aeration dynamics in Nikopol manganese ore basin after agricultural reclamation were revealed. Experiments were conducted at the research station of Dnipro State Agro-Economic University (Pokrov, Dnipropetrovsk region, Ukraine). The temporal dynamics of phytoindication indexes changes was approximated by a Hill's equation. The analytical dependence between parameters of plant aeromorphes and soil porosity was proposed. It was shown that in the progress of the technosols soil forming process the increase of soil aeration regime is an important trend that in the vast majority of undermining the ecological conditions in them further from optimal for the vast majority of cultivated plants. In addition, this tendency makes the extreme conditions of existence for natural species of plants and pedobiont animals. A tendency to

*increase aeration can be seen as a stage in a longer process, which must be stabilized and lead to the formation of ecological modes of technosols, close to the natural analogues.*

**Keywords:** air mode, aeromorphes, phytoindication, reclamation, temporal dynamics, succession

## ФИТОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РЕЖИМА АЭРАЦИИ ТЕХНОЗЕМОВ НИКОПОЛЬСКОГО МАРГАНЦЕВОРУДНОГО БАССЕЙНА

**Е. П. Масликова**

*Аннотация.* В работе установлены закономерности динамики режима аэрации техноземов Никопольского марганцеворудного бассейна в течение сельскохозяйственной рекультивации нарушенных земель. Эксперименты проведены на научно-исследовательском стационаре Днепровского государственного аграрно-экономического университета (г. Покров, Днепропетровская область, Украина). Временная динамика изменений

Маслікова К. П.

*фитоиндикационных показателей была аппроксимирована уравнением Хилла. Предложена аналитическая зависимость между показателями растительных аероморф и порозностью почвы. Показано, что в процессе педогенеза техноземов важной тенденцией является увеличение показателей режима аэрации почв, что отдаляет экологические условия в них далее от оптимальных для подавляющего большинства культурных растений. Кроме того, такая тенденция делает экстремальными условиями существования для естественных видов растений и животных-педобионтов. Тенденцию к увеличению аэрации можно рассматривать как этап более длительного во времени процесса, который должен стабилизироваться и привести к формированию экологических режимов техноземов, приближенных к естественным аналогам.*

**Ключевые слова:** *воздушный режим почвы, аероморфы, фитоиндикация, рекультивация, временная динамика, сукцессии*