

DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-4

УДК 631.482:631.445.2:631.51

**О. С. ГАВРИШКО**, кандидат сільськогосподарських наук

**Ю. М. ОЛІФІР**, кандидат сільськогосподарських наук

**А. Й. ГАБРИЕЛЬ**, кандидат сільськогосподарських наук

**Т. В. ПАРТИКА**, кандидат біологічних наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

*вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну Львівської обл.,*

*81115, e-mail: havryshko0@gmail.com*

## **ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У ПРОФІЛІ ЯСНО-СІРОГО ЛІСОВОГО ПОВЕРХНЕВО ОГЛЕСНОГО ГРУНТУ ЗА ДОВГОТРИВАЛОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВПЛИВУ**

У сучасному ґрунтознавстві прогресують процеси деградації ґрунтів, особливо на землях інтенсивного сільськогосподарського використання. Тому проблема покращення властивостей кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів у Західному регіоні та усунення несприятливих антропогенних чинників і негативних наслідків набуває особливо важливого значення.

В Україні ясно-сірі, сірі лісові ґрунти займають від 4,7 до 5,5 млн га (приблизно 9% площі країни), в зоні Західного Лісостепу – понад 2,5 млн га. Більшість цих ґрунтів, як правило, характеризуються незадовільними агрохімічними та агрофізичними показниками, низьким рівнем природної родючості, а незбалансований антропогенний вплив призводить до їх деградації та погіршення ґрунтового покриву.

Систематичне ведення польової сівозміни впродовж останніх 20 років за різних систем удобрення та вапнування позначилося на формуванні й трансформації агрофізичних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту.

Попередніми дослідженнями встановлено, що за умов сезонного перезволоження після п'яти семипільних ротацій у всіх варіантах тривалого інтенсивного сільськогосподарського використання ґрунту у профілі збільшується щільність і зменшується загальна шпаруватість і шпаруватість аерації. Під лісом та на перелозі спостерігається різке збільшення щільності та зменшення шпаруватості від верхнього шару 0–30 см до нижніх 30–40 і 40–70 см.

За внесення органічних добрив щільність будови знижувалася до 1,28–1,37 г/см<sup>3</sup>, проте з ознаками переущільнення в межах плужної підшви, особливо на високих фонах мінеральних добрив, де вона досягала 1,44–1,46 г/см<sup>3</sup>.

© Гавришко О. С., Оліфір Ю. М.,  
Габриель А. Й., Партика Т. В., 2021

Аналіз наведених даних свідчить, що плужна підшошва є нестабільним антропогенним утворенням, для регулювання якого потрібні агротехнічні заходи. Характерною ознакою плужної підшошви залишається найнижчий рівень пористості порівняно із сусідніми шарами ґрунту.

Після проведення часткової реконструкції стаціонарного досліджу, яка полягала у вивченні ефективності та тривалості високих доз добрив і вапна, на кінець IX ротації сівозміни агрофізичні показники знизились майже удвічі і відбулось покращення агрофізичних властивостей ґрунту не тільки верхніх шарів, а й генетичних горизонтів, які залягають нижче.

**Ключові слова:** ясно-сірий лісовий поверхнево оглєсний ґрунт, горизонт, щільність, шпаруватість, аерація, плужна підшошва, удобрення, сівозміна.

**Oleh Havryshko, Yurii Olifir, Anna Gabryel, Tetiana Partyka**

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

**Peculiarities of transformation of agrophysical properties in the profile of clear-gray forest surface glazed soil during long-term**

At the present stage of development of land relations, the problem of improving the properties of acidic light gray forest surface gleyed soils in the western region and eliminating adverse anthropogenic factors and negative consequences becomes particularly important.

In Ukraine, light gray, gray forest soils occupy from 4,7 to 5,5 million hectares (about 9% of the country). Drained and mineralized lands in the Western forest-steppe zone occupy more than 2,5 million hectares. The vast majority of these soils, as a rule, are characterized by unsatisfactory agrochemical and agrophysical indicators, low level of natural fertility. And the wrong anthropogenic impact leads to their degradation and deterioration of soil cover.

Systematic field crop rotation for 20 years under different fertilization systems has affected the formation and transformation of agrophysical properties of light gray forest surface gleyed soil.

The research results show that under conditions of seasonal waterlogging during the fifth rotation in all variants of long-term intensive agricultural use of the soil, the density in the profile increases and the overall porosity and porosity of aeration decreases. Under the forest and pasture there is a sharp increase in density and decrease in porosity from the upper layer 0–30 cm to the lower 30–40 and 40–70 cm.

It was found that with the application of organic fertilizers the density of the structure decreased to 1,28–1,37 g/cm<sup>3</sup>, but with signs of compaction within the plow sole, especially on high backgrounds of mineral fertilizers, where it reached 1,44–1,46 g/cm<sup>3</sup>.

Analysis of these data shows that the plow sole is an unstable anthropogenic formation, the regulation of which requires agronomic measures. A characteristic feature of the plow sole is the lowest level of porosity compared to neighboring soil layers.

After a partial reconstruction of the stationary experiment, which consisted in studying the effectiveness and duration after the action of fertilizers on the soil, at the end of the ninth rotation of crop rotation agrophysical indicators decreased almost twice and improved agrophysical properties of soil not only upper layers but also below.

**Key words:** light gray forest surface-gleyed soil, horizon, density, porosity, aeration, plow sole, fertilizer, crop rotation.

**Вступ.** Серед чинників, що впливають на розвиток сільськогосподарських культур, важливе значення належить агрофізичним властивостям ґрунту. Вони відіграють провідну роль у процесах ґрунтоутворення та в регулюванні водного й повітряного режимів, тому безпосередньо впливають на водне, повітряне й мінеральне живлення рослин [2, 3, 6, 11, 12].

Особливо цінною є інформація, отримана в контрольованих умовах довготривалого польового дослідження, яка допомагає визначити шляхи трансформації оптимальних параметрів і властивостей співвідношення, а також норми внесення органічних і мінеральних добрив та вапна за тривалого застосування, що забезпечують підвищення родючості кислих ясно-сірих ґрунтів, одержання стабільно високого врожаю сільськогосподарських культур та екологічну рівновагу [5, 10, 14].

Погіршення агрофізичних властивостей родючості ґрунтів за сучасних умов є предметом зацікавленості вітчизняної [15, 20] і зарубіжної науки. Зокрема, вплив органічних добрив на агрофізичні властивості ґрунтів визначено в роботах таких авторів: [21, 22, 25–27, 29]. В останній із них проаналізовано також спільний вплив обробітку ґрунту й добрив на його агрофізичні та агрохімічні властивості.

Щільність ґрунту – одна з його найважливіших фізичних властивостей, яка безпосередньо впливає на водний, повітряний та тепловий режими, мікробіологічну діяльність, нагромадження й засвоєння елементів живлення, ефективність мінеральних та органічних добрив. Низка вітчизняних і зарубіжних джерел свідчить, що для нашого типу ґрунту показник щільності перебуває в межах 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup> [1, 15–17, 19, 23, 24, 28, 30].

Важливою ознакою фізичного стану за довготривалого сільськогосподарського використання є плужна підшва – ущільнений прошарок, що утворюється внаслідок дії механізмів на ґрунт на межі переходу між орним і підорним шарами. За її наявності знижуються адаптивні властивості культур і лімітується їх повітряне й водне живлення [11].

**Матеріали і методи.** Трансформацію агрофізичних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за систематичного удобрення, вапнування та використання в різних ротаціях вивчали на основі тривалого (1965) стаціонарного дослід у лабораторії агрохімії Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН [4]. Дослід занесено в Реєстр довгострокових польових дослідів НААН (атестат реєстрації НААН № 29).

Стаціонарний дослід розміщений у просторі на трьох полях, варіанти перебувають у триразовому повторенні. Дослідження проводили на першому полі в посівах пшениці озимої. Розмір посівної ділянки – 168 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>. Загальна кількість варіантів – 18. Починаючи з 2000 р. на першому полі після закінчення V ротації було проведено часткову реконструкцію дослідів, яка полягала у вивченні ефективності та тривалості післядії залишкового фосфору й калію при помірному азотному живленні.

Ґрунт дослідної ділянки – ясно-сірий лісовий поверхнево оглеєний грубопилувато-легкосуглинковий на лесоподібних відкладах, орний шар (0–20 см) якого на час закладки дослідів характеризувався такими усередненими вихідними показниками родючості: вміст гумусу – 1,42%; рН<sub>KCl</sub> – 4,2, гідролітична кислотність (за Капненом) – 4,5 мг-екв/100 г ґрунту; обмінна (за Соколовим) – 0,6 мг-екв/100 г ґрунту; вміст рухомого алюмінію (за Соколовим) – 60,0 мг/кг; доступного фосфору (за Кірсановим) і обмінного калію (за Масловою) – відповідно, 36,0 і 50,0 мг/кг ґрунту.

У досліді застосовували середньоперепрілий гній великої рогатої худоби на солом'яній підстилці, аміачну селітру (34%), гранульований суперфосфат (19,5%), калійну сіль (40%), в останні роки – нітроамофоску (17%), у період семипільної сівозміни додавали калімагнезію – 28%. Як вапнякові матеріали використовували вапнякове борошно (93,5% CaCO<sub>3</sub>) і за час семипільної сівозміни вносили відходи Роздільського ВО «Сірка» – 81% CaCO<sub>3</sub>. Черговий тур вапнування проводили перед початком V ротації сівозміни під картоплю та перед IX ротацією під кукурудзу на силос. Гній (40–60 т/га) вносили під кукурудзу на силос, фосфорно-калійні добрива – восени, а азотні – під передпосівну культивуацію. Обробіток ґрунту й догляд за посівами – загальноприйняті для умов зони.

Дослідження на час V ротації семипільної сівозміни картопля – ячмінь ярий з підсівом конюшини – конюшина лучна – озима пшениця – цукрові буряки – кукурудза на силос – озима пшениця проводили у таких варіантах: без добрив (контроль, вар. 1); N<sub>70</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> + 10 т/га гною

+ CaCO<sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 7); N<sub>105</sub>P<sub>135</sub>K<sub>135</sub> + 20 т/га гною + CaCO<sub>3</sub> (1,5 Нг) (вар. 13); внесення лише N<sub>140</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> (вар. 15).

Дослідження за період IX ротації чотирипільної сівозміни проводили з таким чергуванням культур: кукурудза на силос – ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної – конюшина лучна – пшениця озима. Варіанти: без добрив (контроль, вар. 1); N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> + 10 т/га гною + CaCO<sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 7); N<sub>30</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> + 15 т/га гною + CaCO<sub>3</sub> (1,5 Нг) (вар. 13); за тривалого внесення лише N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> (вар. 15). Для порівняння особливостей трансформації агрофізичних властивостей ґрунту за тривалого сільськогосподарського використання в природному стані закладено додаткові розрізи під лісовим масивом і на перелозі.

Зразки ґрунту відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ 4287:2004, ДСТУ ISO 10381-1:2004, ДСТУ ISO 10381-2:2004 і ДСТУ ISO 18512. Морфологічну діагностику й закладання ґрунтового профілю здійснювали в польових умовах з використанням «Польового визначника ґрунтів» (1981) [18] і «Якість ґрунту. Спрощений опис ґрунту» (2006) (ДСТУ ISO 11259:2004) [8].

Аналітичні роботи виконували в атестованій агрохімічній лабораторії (свідоцтво № РЛ 149/18 від 05.02.2018 р., видане ДП «Львівстандартметрологія») Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН за загальноприйнятими стандартизованими в Україні методами, а саме: щільність будови ґрунту – методом ріжучого кільця пошарово до глибини 70 і 110 см (ДСТУ ISO 11272–2001) [9]; загальна шпаруватість і шпаруватість аерації – розрахунково-порівняльним методом [17, 19]. Математичну обробку результатів агрофізичних даних здійснювали з використанням програм «Microsoft Excel» і «Statistica 6.0».

**Результати та обговорення.** Агрофізичні властивості дають змогу визначити внутрішньоґрунтові процеси, які відбуваються не тільки в поверхневих шарах ґрунту, а й у наближених до материнської породи генетичних горизонтах. До них належать щільність будови, загальна шпаруватість і шпаруватість аерації, а також об'єм шпар, насичених водою.

Результати досліджень виявили, що в умовах періодично промивного типу водного режиму [7, 13] за довготривалого сільськогосподарського використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту на кінець V ротації семипільної сівозміни об'ємна маса в шарі 0–30 см змінювалася від 1,39 до 1,46 г/см<sup>3</sup>, загальна шпаруватість становила 51–48%, аерація – 33,8–31,2%. Вниз по

профілю збільшується щільність ґрунту до 1,69 г/см<sup>3</sup>, зменшується загальна пористість, шпаруватість аерації і об'єм шпарин, насичених водою, відповідно, до 42 і 16,9–17,9%. У варіанті 7, де вносили 1,0 норми вапна на фоні однієї норми мінеральних добрив 1 10 т/га гною, об'ємна маса ґрунту у верхньому шарі становила 1,46 г/см<sup>3</sup>, загальна шпаруватість – 48%, шпаруватість аерації – 31,2%.

Встановлено, що застосування добрив по-різному впливало на показники щільності ґрунту і шпаруватість. Внесення в ґрунт подвійної норми гною та підвищених норм мінеральних добрив і 1,0 н вапна за Нг сприяло утворенню найменшої щільності будови – 1,38 г/см<sup>3</sup>, найвищої загальної пористості та аерації – 51 і 33,8% у верхньому шарі 0–30 см (табл. 1).

### 1. Агрофізичні показники ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під лісом та за різних систем удобрення в польовому досліді на кінець V ротачії сівозміни (1999–2001)

Генетичні горизонти	Глибина відбору проби, см	Щільність будови ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Шпаруватість ґрунту, %		
			загальна	аерації	об'єм шпарин, зайнятих водою
1	2	3	4	5	6
Ліс					
HEgl	4–30	1,15	53	41,7	11,3
Ehigl	30–40	1,41	50	35,5	11,5
Igl	40–70	1,59	45	31,1	14,0
Без добрив (контроль) (вар. 1)					
HEgl	0–30	1,39	49	33,8	15,2
Ehigl	30–40	1,52	46	29,8	16,2
Igl	40–70	1,66	43	16,9	26,1
N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + 10 т/га гною + СаСО <sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 7)					
HEgl	0–30	1,46	48	31,2	16,8
Ehigl	30–40	1,52	46	28,4	17,6
Igl	40–70	1,64	44	21,8	22,2
N <sub>105</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub> + 20 т/га гною + СаСО <sub>3</sub> (1,5 Нг) (вар. 13)					
HEgl	0–30	1,38	51	33,8	17,2
Ehigl	30–40	1,53	46	28,3	17,7
Igl	40–70	1,65	43	23,1	19,9

1	2	3	4	5	6
N <sub>140</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> (вар. 15)					
HEgl	0–30	1,44	49	32,6	16,4
Ehgl	30–40	1,52	46	28,9	17,1
Igl	40–70	1,69	42	24,1	17,9

Вниз по профілю зростає щільність і зменшується шпаруватість. На контролі (вар. 1) об'ємна маса по горизонтах ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту становила 1,39–1,66 г/см<sup>3</sup>, загальна шпаруватість – 49–43%, аерація 33,8–16,9%, об'єм шпарин, зайнятих водою, – 15,2–26,1% (див. табл. 1).

Щільність будови ґрунту під лісом поступово зростає з глибиною від типових для нього 1,15 г/см<sup>3</sup> до сильно ущільнених 1,41–1,59 г/см<sup>3</sup> типових ілювіальних горизонтів [17]. Загальна кількість шпарин у профілі під лісом різко знижується.

Дослідженнями, проведеними на кінець IX ротації чотирирічної сівозміни, встановлено, що агрофізичні показники ґрунту перелогу є гіршими порівняно з типовим лісовим ґрунтом, але дещо кращими порівняно з контролем. Так, горизонт HEgl перелогу характеризується як рілля ущільнена, а варіант без добрив (вар. 1) – як сильно ущільнена [17] (табл. 2).

## 2. Агрофізичні показники ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту на перелозі та за різних систем удобрення в польовому досліді на кінець IX ротації сівозміни (2015–2017)

Генетичні горизонти	Глибина відбору проби, см	Щільність будови ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Шпаруватість ґрунту, %		
			загальна	аерації	об'єм шпарин, зайнятих водою
1	2	3	4	5	6
Переліг					
HEgl	5–30	1,24	53	29,3	23,7
Ehgl	31–40	1,48	44	15,9	28,1
Iegl	41–61	1,70	35	8,1	26,9
Без добрив (контроль) (вар. 1)					
HEglорн.	0–18	1,36	51	34,3	16,7
HEglп/орн.	19–31	1,38	51	28,9	22,1

1	2	3	4	5	6
Ehgl	32–64	1,49	46	26,7	19,3
Iegl	65–110	1,61	40	8,9	31,3
$N_{65}P_{68}K_{68} + 10$ т/га гною + $CaCO_3$ (1,0 Hг) (вар. 7)					
HEglорн.	0–20	1,20	53	22,7	30,3
HEglп/орн.	21–35	1,28	51	17,7	33,3
Ehgl	36–55	1,53	44	10,8	33,2
Iegl	56–81	1,63	40	8,1	31,9
$N_{30}P_{34}K_{34} + 15$ т/га гною + $CaCO_3$ (1,5 Hг) (вар. 13)					
HEglорн.	0–18	1,25	53	34,4	18,6
HEglп/орн.	19–30	1,37	48	32,4	15,6
Ehgl	31–51	1,42	47	38,0	9,0
Iegl	52–73	1,58	40	17,6	22,4
$N_{65}P_{68}K_{68}$ (вар. 15)					
HEglорн.	0–22	1,28	56	45,4	10,6
HEglп/орн.	23–35	1,37	52	40,3	11,7
Ehgl	36–61	1,46	50	40,5	9,5
Iegl	62–87	1,61	41	15,5	25,5

Щільність будови ґрунту у варіанті контролю на кінець ІХ ротації в орному шарі HEglорн. становить  $1,36$  г/см<sup>3</sup> і є помітно вищою порівняно з горизонтом HEgl під лісом і перелогом, що насамперед залежить від обробітку ґрунту більше 50 років без внесення добрив. За внесення органічних добрив щільність знижувалася до  $1,28$ – $1,37$  г/см<sup>3</sup>, проте з ознаками переущільнення в межах плужної підшви, особливо на високих фонах мінеральних добрив, де щільність будови досягала  $1,44$ – $1,46$  г/см<sup>3</sup>.

Підорний шар HEglп/орн., або плужна підшва, умовно виокремлюється в генетичний горизонт із високими значеннями переущільнення ( $1,38$  г/см<sup>3</sup>), що є негативним показником для горизонту цих ґрунтів. Характерною ознакою плужної підшви залишається найнижчий рівень пористості порівняно із сусідніми шарами ґрунту, що коливається в межах  $49$ – $51\%$  і є нижчим задовільної оцінки [17].

Посезонне ущільнення плужної підшви як за період семипільної, так і чотирипільної сівозміни не дуже відрізнялося між собою, але й зниження показника нижче  $1,30$  г/см<sup>3</sup> не спостерігалось, що свідчить про поступове ущільнення орного шару.



Аналіз наведених даних свідчить, що плужна підшва є нестабільним антропогенним утворенням, для регулювання якого потрібні агротехнічні заходи. За даними В. В. Медведєва, зі зменшенням пористості зменшується коефіцієнт перенесення вологи, особливо майже за відсутності макропор, характерних для переуцільненого шару плужної підшви [15]. У переуцільненому шарі ґрунту переважають анаеробні процеси, погіршуються умови для деструкції і синтезу органічної речовини. Це помітно впливає на поживний і водний режими, викликає активний тип сорбції, спрямований на подолання енергетичних бар'єрів, а не на формування врожая [11].

Дані аналізу виявили, що через тенденцію до зростання щільності ґрунту на контролі без добрив між V і IX ротаціями кількість шпарин, зайнятих водою у профілі, також зростає. Збільшення об'єму водонасичених шпарин в ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті в умовах перезволоження й переуцільнення сприяє утворенню й розвитку оглеєння.

Після закінчення V ротації та проведення часткової реконструкції стаціонарного досліді, яка полягала у вивченні ефективності та тривалості післядії добрив і вапна на ґрунт, на кінець IX ротації сівозміни агрофізичні показники знизились майже удвічі.

Результати виявили, що найменша щільність ґрунту – 1,20–1,25 г/см<sup>3</sup>, відмінна загальна пористість та аерація зафіксовані у верхньому шарі при внесенні N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> + 10 т/га гною + CaCO<sub>3</sub> (1,0 Нг) (вар. 7) і N<sub>30</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> + 15 т/га гною + CaCO<sub>3</sub> (1,5 Нг) (вар. 13), що засвідчує особливе значення гною в системі удобрення не тільки як джерела живлення, а в першу чергу як біологічного меліоранта.

Вказані системи удобрення позитивно вплинули на щільність будови ґрунту в шарах HEg<sub>1</sub>орн. – HEg<sub>1</sub>п/орн. з поступовим зростанням по профілю та найвищими значеннями (1,63 г/см<sup>3</sup>) у горизонті Ieg<sub>1</sub>. Загальна шпаруватість за органо-мінеральної системи удобрення становить 53 і 51%, із них 22,7–17,7% заповнені повітрям і 30,3–33,3% насичені водою. З глибиною кількість пустот у ґрунті поступово зменшується, одночасно з поступовим зростанням щільності з глибиною і руйнуванням агрономічно цінних структурних агрегатів насамперед у верхніх шарах. Ймовірно, основні зміни в процесі переуцільнення профілю відбуваються зі зменшенням об'єму грибних шпарин.

До них близький вар. 15 із внесенням самих мінеральних добрив, де об'ємна маса становить  $1,28 \text{ г/см}^3$ , загальна пористість – 56%, аерація – 45,4%, об'єм шпарин із водою – 10,6% (див. табл. 2).

Органо-мінеральна система удобрення на фоні 1,5 н  $\text{CaCO}_3$  за Нг сформувала щільність ґрунту в шарах  $\text{HEglorn.} - \text{HEglp/orn.}$  на рівні  $1,25-1,37 \text{ г/см}^3$ , яка є однією з найвищих серед варіантів досліду і, за оцінкою щільності, характеризується як рілля ущільнена та сильно ущільнена [17].

Загалом розподіл щільності будови в профілі цього варіанта близький до значень ґрунту з внесенням лише  $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$  (вар. 15) (див. табл. 2). На кінець IX ротації органо-мінеральне удобрення на фоні 1,0 н  $\text{CaCO}_3$  (вар. 7) збільшувало об'єм шпарин, зайнятих водою, та водночас знижувало аерацію ґрунту. У разі внесення 1,5 н  $\text{CaCO}_3$  і 15 т/га гною і  $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$  (вар. 13) все відбувалося навпаки: знижувався об'єм шпарин, зайнятих водою, і зростала шпаруватість аерації.

За внесення лише  $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$  відбулось переущільнення підорного шару, а в горизонті Iegl значення показника зросли до  $1,61 \text{ г/см}^3$  і відповідають сильноущільненим ілювіальним горизонтам [17] (див. табл. 2). Однак мінеральні добрива у зазначених дозах забезпечили достовірно кращі показники загальної шпаруватості та шпаруватості аерації з глибиною порівняно з контролем.

Отже, для розвитку оптимальних агрофізичних показників на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах в умовах тривалого навантаження мінеральне удобрення ефективно лише за умови його застосування на фоні гною і 1,0 н вапна за Нг.

**Висновки.** Виходячи з наведених даних, можна зробити висновок, що на час проведення досліджень (кінець IX ротації) під впливом довготривалого удобрення й використання відбулася диференціація агрофізичних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту.

Установлено, що щільність будови й загальна шпаруватість, які визначають агрофізичні властивості ґрунту за спільного внесення гною, мінеральних добрив на фоні 1,0 н  $\text{CaCO}_3$  за Нг, піддаються позитивному регулюванню та оптимізації процесів ґрунтоутворення. При цьому гній в цій системі використання виступає не тільки як джерело живлення, а і як біологічний меліорант. Самі мінеральні добрива за впливом на процеси ґрунтоутворення ефективні лише за умови внесення їх на фоні гною і 1,0 н вапна за Нг.

**Список використаної літератури**

1. Барвінський А. В. Агрофізичні аспекти раціонального використання орних земель у Правобережному Лісостепу. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва*. 2008. № 1. С. 173–176.
2. Веремеєнко С. И., Фурманец О. А. Изменение агрохимических свойств темно-серой почвы Западной Лесостепи Украины под влиянием длительного сельскохозяйственного использования. *Почвоведение*. 2014. № 5. С. 602–610.
3. Вплив добрив у сівозміні на родючість ґрунту і продуктивність культур / С. Е. Дегодюк та ін. *Зб. наук. пр. Нац. наук. центру «Ін-т землеробства НААН»*. 2010. Вип. 4. С. 3–10.
4. Гізбуллін Н. Г. Удосконалення методики проведення польових досліджень. *Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2007. Вип. 9. С. 79–87.
5. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уман. нац. ун-ту садівництва*. 2014. № 1. С. 8–12.
6. Гудзь В. П., Кропивницький Р. Б., Кравчук М. М. Вплив мінімізації обробітку ґрунту та елементів біологізації на його агрофізичні показники та продуктивність картоплі в умовах Полісся України. *Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків* : зб. наук. пр. / за ред. М. В. Роїка. Вип. 18. Київ : ІБКіЦБ, 2013. С. 117–122.
7. Ґрунти Львівської області : колективна монографія / за ред. С. П. Позняка. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 424 с.
8. ДСТУ ISO 11259:2004. Якість ґрунту. Спрощений опис ґрунту. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 24 с.
9. ДСТУ ISO 11272:1998. Якість ґрунту. Визначення щільності складення на суху масу. Київ :

**References**

1. Barvynskiy A. V. Agrophysical aspects of rational use of arable lands in the right-bank Forest-Steppe. *Visn. KhNAU im. V. Dokuchaieva*. 2008. No. 1. P. 173–176.
2. Veremeenko S. Y., Furmanec O. A. Changes in agrochemical properties of dark gray soil of the Western Forest-Steppe of Ukraine under the influence of long-term agricultural use. *Pochvovedenie*. 2014. No. 5. P. 602–610.
3. Influence of fertilizers in crop rotation on soil fertility and crop productivity / S. E. Degodiuk ta in. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnogo naukovoogo centru «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2010. Vol. 4. P. 3–10.
4. Gizbullin N. G. Improving the methodology of field research. *Naukovi pratsi Instytutu bioenergetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2007. Vol. 9. P. 79–87.
5. Gospodarenko G. M., Prokopchuk I. V. Transformation of acid-base properties of soil with long-term use of fertilizers in the field crop rotation. *Visnyk Umanskogo natsionalnogo universytetu sadivnytstva*. 2014. No. 1. P. 8–12.
6. Gudz V. P., Kropyvnytskyi R. B., Kravchuk M. M. Influence of minimization of tillage and elements of biologization on its agrophysical indicators and productivity of potatoes in the conditions of Polissya of Ukraine. *Naukovi pratsi Instytutu bioenergetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv : zbirnyk naukovykh prats / za red. M. V. Roiika*. Kyiv : IBKiTsB, 2013. Vol. 18. P. 117–122.
7. Soils of Lviv region: a collective monograph / za red. S. P. Pozniaka. Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2020. 424 p.
8. DSTU ISO 11259:2004. Soil quality. Simplified description of the soil. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. 24 p.
9. DSTU ISO 11272:1998. Soil quality. Determination of the density of addition to the dry mass. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 23 p.

Держспоживстандарт України, 2003. 23 с.

10. Екологічні проблеми підвищення продуктивності сірих опідзолених ґрунтів у Західному регіоні України / М. Д. Волощук та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 1999. Вип. 40–41. С. 33–44.

11. Зміна агрофізичних показників сірого лісового ґрунту за тривалого застосування органічних і мінеральних добрив / С. Е. Дегодюк, Е. Г. Дегодюк, О. А. Літвінова та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 1. С. 19–24.

12. Кирилюк В. П. Продуктивність культур сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту. *Зб. наук. пр. ННЦ «Ін-т землеробства НААН»*. 2011. Вип. 1–2. С. 77–85.

13. Львівська область: природні умови та ресурси : монографія / за заг. ред. М. М. Назарука. Львів : Вид-во Старого Лева, 2018. 592 с.

14. Малієнко А. М., Борис Н. Є., Бусласва Н. Г. Питання методики польових дослідів у землеробстві та рослинництві. *Землеробство*. 2018. Вип. 1. С. 38–44.

15. Медведєв В. В. Агро- і екофізика почв. Харків : Полосатая типографія, 2015. 312 с.

16. Павлюк Н. М., Гаськевич В. Г. Сірі лісові ґрунти Опілля. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 322 с.

17. Папіш І. Я. Практикум з фізики ґрунту : у 2-х ч. Львів : Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2001. Ч. 1 : Фізика твердої фази ґрунту. 95 с.

18. Полевой определитель почв / под ред. И. И. Полулана, Б. С. Носко, В. П. Кузьмичева. Киев : Урожай, 1981. 320 с.

19. Практикум з ґрунтознавства : навч. посіб. / В. В. Дегтяров та ін. ; за ред. Д. Г. Тихоненка. Харків : Майдан, 2009. 447 с.

20. Цвей Я. П., Вакуленко М. О., Колібабчук Т. В. Рекомендації з енергоощадного способу основного обробітку ґрунту з елементами

10. Ecological problems of increasing the productivity of gray podzolic soils in the western region of Ukraine / M. D. Voloshchuk ta in. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 1999. Vol. 40–41. P. 33–44.

11. Change of agrophysical indicators of gray forest soil with long-term use of organic and mineral fertilizers / S. E. Degodiuk, E. G. Degodiuk, O. A. Litvinova et al. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2020. No. 1. P. 19–24.

12. Kryyliuk V. P. Productivity of crop rotation crops depending on the systems of basic tillage *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2011. Vol. 1–2. P. 77–85.

13. Lviv region: natural conditions and resources: monograph / za zag. red. M. M. Nazaruka. Lviv : Vydavnytstvo Starogo Leva, 2018. 592 p.

14. Malienko A. M., Borys N. Ye., Buslaieva N. G. Question of methods of field experiments in agriculture and crop production. *Zemlerobstvo*. 2018. Vol. 1. P. 38–44.

15. Medvedev V. V. Agro- i ekofizika pochv. Xarkov : Polosataya tytografyya, 2015. 312 p.

16. Pavliuk N. M., Gaskevych V. G. Gray forest soils of Opillia. Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2011. 322 p.

17. Papish I. Ya. Workshop on soil physics: in 2 parts. Lviv : Vyd. centr LNU imeni Ivana Franka, 2001. Ch. 1 : Fizyka tvrdoj fazy gruntu. 95 p.

18. Field determinant of soils / pod red. Y. Y. Polupana, B. S. Nosko, V. P. Kuzmicheva. Kiev : Urozhaj, 1981. 320 p.

19. Workshop on soil science: textbook / V. V. Degtiarov ta in. ; za red. D. G. Tykhonenka. Kharkiv : Maidan, 2009. 447 p.

20. Czvej Ya. P., Vakulenko M. O., Kolibabchuk T. V. Recommendations for energy-saving method of basic tillage with elements of minimization. Kyiv : TsP «Komprynt», 2015. 32 p.

21. Armino R. A., Wendroth O. Physical soil structure evaluation based on

мінімізації. Київ : ЦП «Компринт», 2015. 32 с.

21. Armindo R. A., Wendroth O. Physical soil structure evaluation based on hydraulic energy functions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2016. No. 80. P. 1167–1180.

22. Comparison of soil physical quality indicators using direct and indirect data inputs derived from a combination of in-situ and ex-situ methods / M. G. Bacher, O. Schmidt, G. Bondi et al. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2019. No. 83. P. 5–17.

23. Effect of slope position on physico-chemical properties of eroded soil / F. Khan, Z. Hayat, W. Ahmad et al. *Soil Environ.* 2013. Vol. 32. P. 22–28.

24. Hallett P., Mooney S., Whalley R. Soil physics: New approaches and emerging challenges. *European Journal of Soil Science.* 2013. Vol. 64 (3). P. 277–278.

25. Nichols K. A., Samson-Liebig S. An inexpensive and simple method to demonstrate soil quality parameters. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education.* 2011. Vol. 40. P. 51–57.

26. Nichols K. A., Toro M. A new index for measuring whole soil stability. *Soil and Tillage Research.* 2010. Vol. 111 (2). P. 99–104.

27. Rapidly estimating fertilizer value of dairy manure based on physical and chemical properties / Cui Lanying, Yang Zengling, Han Lujia, Teng Guanghui. *J. China Agr. Univ.* 2006. Vol. 11. No. 2. P. 98–102.

28. Shake table test of soil-pile groups-bridge structure interaction in liquefiable ground / L. Tang et al. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration.* 2010. Vol. 9. No. 1. P. 39–50.

29. The influence of soil management on soil properties and yield of crop rotation / D. Feiziene, V. Feiza, S. Lazauskas et al. *Zemdirbyste / Lietuvos zemes ukio univ. Akademija.* 2007. Vol. 94. No. 3. P. 129–145.

30. Variation in soil physical and chemical properties as affected by three

hydraulic energy functions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2016. No. 80. P. 1167–1180.

22. Comparison of soil physical quality indicators using direct and indirect data inputs derived from a combination of in-situ and ex-situ methods / M. G. Bacher, O. Schmidt, G. Bondi et al. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2019. No. 83. P. 5–17.

23. Effect of slope position on physico-chemical properties of eroded soil / F. Khan, Z. Hayat, W. Ahmad et al. *Soil Environ.* 2013. Vol. 32. P. 22–28.

24. Hallett P., Mooney S., Whalley R. Soil physics: New approaches and emerging challenges. *European Journal of Soil Science.* 2013. Vol. 64 (3). P. 277–278.

25. Nichols K. A., Samson-Liebig S. An inexpensive and simple method to demonstrate soil quality parameters. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education.* 2011. Vol. 40. P. 51–57.

26. Nichols K. A., Toro M. A new index for measuring whole soil stability. *Soil and Tillage Research.* 2010. Vol. 111 (2). P. 99–104.

27. Rapidly estimating fertilizer value of dairy manure based on physical and chemical properties / Cui Lanying, Yang Zengling, Han Lujia, Teng Guanghui. *J. China Agr. Univ.* 2006. Vol. 11. No. 2. P. 98–102.

28. Shake table test of soil-pile groups-bridge structure interaction in liquefiable ground / L. Tang et al. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration.* 2010. Vol. 9. No. 1. P. 39–50.

29. The influence of soil management on soil properties and yield of crop rotation / D. Feiziene, V. Feiza, S. Lazauskas et al. *Zemdirbyste / Lietuvos zemes ukio univ. Akademija.* 2007. Vol. 94. No. 3. P. 129–145.

30. Variation in soil physical and chemical properties as affected by three slope positions and their management implications in Ganye, North-Eastern Nigeria / S. A. Gisilanbe, H. J. Philip, R. I. Solomon, E. E. Okorie. *Asian. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2017. Vol. 2. P. 1–13.

slope positions and their management implications in Ganye, North-Eastern Nigeria / S. A. Gisanbe, H. J. Philip, R. I. Solomon, E. E. Okorie. *Asian. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2017. Vol. 2. P. 1–13.

Отримано 29.01.2021