

Н.В. Вільна, С.Г. Чорний
**КІЛЬКІСНА ОЦІНКА РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМНИХ ГРУНТІВ НА ОСНОВІ
МОДИФІКОВАНОГО ІНДЕКСУ ПРОДУКТИВНОСТІ**

Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна, *s.g.chornyy@gmail.com*

Планування господарської діяльності задля максимально ефективного використання усього потенціалу ґрунтів та зменшення антропогенного навантаження на них неможливе без комплексної оцінки їх якості. Окрім того, така процедура передуює економічній оцінці земель та дає змогу охарактеризувати виробничу діяльність господарств та рослинницьких підрозділів окремих сільськогосподарських підприємств тощо.

На сьогоднішній день більшість методів оцінки якості ґрунтів заснована на використанні в розрахунках стандартних показників, які визначаються в процесі виготовлення Агрохімічного (або еколого-агрохімічного) паспорту земельної ділянки. Крім того, у більшості методик до уваги беруться лише властивості орного шару ґрунту без врахування підґрунтя, що є неправильним по відношенню до схилоних і короткопрофільних ґрунтів різного ступеню еродованості, коли орний шар ґрунту може мати найкращі характеристики, але весь ґрунту межах гумусового горизонту або іншого фіксованого шару, який визначає урожайність сільськогосподарських культур, буде набагато нижчої якості порівняно з повнопрофільними ґрунтами вододілів. Одним із методів, що дає змогу оцінити якість таких ґрунтів, є Індекс Продуктивності Пірса [1].

Згідно з вихідними роботами американських авторів [1] Індекс Продуктивності (PI, Productivity Index) ґрунтів пропонується розраховувати як суму кількісної пошарової оцінки родючості метрової товщі:

$$PI = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_i \cdot D_i \cdot WF_i), \quad (1)$$

де A_i – здатність ґрунту до утримання вологи, C_i – щільність ґрунту, D_i – рН ґрунтового розчину, WF_i – параметр, що показує на частку коренів у кожному шарі ґрунту в середніх умовах його зволоження, n – кількість шарів ґрунту, i – номер шару ґрунту. Всі показники нормовані від 0 до 1.

Параметр WF розраховується як [1]:

$$WF = 0,35 - 0,152 \times \lg \left(h + \sqrt{h^2 + 6,45} \right), \quad (2)$$

де h – глибина ґрунту, см.

У більш пізніх роботах прихильники такого підходу для розрахунку Індeksu Продуктивності застосовували інші показники (вміст водорозчинних солей, вміст обмінного натрію, водопроникність ґрунту, електропровідність, вміст гумусу, вміст окремих поживних елементів, параметри гранулометричного складу ґрунту тощо) [2, 3, 4 та ін.], а різні модифіковані варіанти моделі (1) були застосовані в різних країнах не тільки для кількісної оцінки родючості, але й для оцінки деградації ґрунтів під впливом ерозії, оцінки допустимих норм ерозії тощо [5, 6, 7, 8].

Тому метою досліджень було вивчення можливості адаптації моделі (1) до умов Правобережного Степу України з модифікацією структури моделі та з урахуванням наявності в регіоні великих площ схилів, зайнятих короткопрофільними еродованими ґрунтами.

Для досягнення мети було зроблено аналіз існуючих реалізацій моделі Пірса в різних частинах Світу та проведено польові дослідження. Зокрема, в Миколаївському і Братському районах Миколаївської області було закладено чотири пари розрізів, по одному на вододілах та по одному на схилах з короткопрофільними еродованими ґрунтами. Досліджувані ґрунти були представлені чорноземами південними та звичайними. Координати місць закладення ґрунтових розрізів наведено у таблиці 1.

Координати місць закладення ґрунтових розрізів

№	Ґрунт	Район	Координати розрізів	
			N	E
1	Чорнозем звичайний нееродований (ЧЗне-1)	Братський	47°53'08,5"	31°48'10,6"
2	Чорнозем звичайний еродований (ЧЗе-1)	Братський	47°53'06,1"	31°48'26,0"
3	Чорнозем південний нееродований (ЧПне-1)	Миколаївський	46°55'20,5"	31°40'56,2"
4	Чорнозем південний еродований (ЧПе-1)	Миколаївський	46°54'35,4"	31°40'04,4"
5	Чорнозем звичайний нееродований (ЧЗне-2)	Братський	47°53'28,8"	31°49'11,3"
6	Чорнозем звичайний еродований (ЧЗе-2)	Братський	47°53'03,1"	31°49'17,0"
7	Чорнозем південний нееродований (ЧПне-2)	Миколаївський	46°53'54,0"	31°40'55,9"
8	Чорнозем південний еродований (ЧПе-2)	Миколаївський	46°53'41,7"	31°40'37,0"

З кожного розрізу було відібрано проби ґрунту через кожні 10 см профілю ґрунту у порушеному та непорушеному станах. У лабораторних умовах згідно з діючими стандартами визначали ті властивості, які, як буде показано нижче, були використані в процедурах модифікації індексу продуктивності та його адаптації до умов Правобережного Степу України: гранулометричний склад [9]; щільність будови ґрунту [10]; рН ґрунтового розчину [11]; вміст гумусу [12]; вміст рухомих сполук фосфору і калію [13].

Недоліком математичної моделі (1) є те, що нормовані параметри, якими визначено родючість ґрунтів, є рівноцінними між собою, що є певним перебільшенням. До того ж, функція WF (2), що показує вагу коренів кожного шару ґрунту в формуванні загальної продуктивності всього ґрунту, розроблена лише на основі даних розподілу кореневої системи кукурудзи в ґрунтах штату Вісконсін у США і не може бути універсальною для всіх випадків. А тому для умов Правобережного Степу України ми провели модернізацію даної моделі.

Деякі аспекти модифікації моделі (1) були опубліковані в наших роботах, зокрема, [7]. Ми пропонуємо розраховувати пошарове значення індексу як середнє геометричне тільки «ґрунтових», визначених окремо, складових індексу, перемножене на величину функції WF по кожному шару ґрунту.

Для модифікованої моделі (1) використовували ті показники родючості ґрунту, що застосовуються при бонітуванні даних типів ґрунтів [14]. Але з усього переліку ми виключили показник гранулометричного складу, оскільки у досліджуваних ґрунтах він одноманітний з вмістом фізичної глини по профілю в межах 55-60 %, а тому вирішального впливу на родючість цей показник у таких умовах не чинить.

Таким чином, для чорноземів Правобережного Степу модифікований Індекс Продуктивності (МРІ) матиме вигляд:

$$MPI = \sum_{i=1}^n (h_i \cdot ph_i \cdot \gamma_i \cdot \rho_i \cdot \kappa_i)^{0,2} \cdot WF_i \quad (3)$$

де i – номер кожного з шарів ґрунту ($i=1, 2, 3 \dots 10$); $h_i, ph_i, \gamma_i, \rho_i, \kappa_i$ – відповідно, нормовані від 0 до 1 значення вмісту гумусу, рН, щільності будови, вмісту рухомого фосфору й обмінного калію в i -му шарі ґрунту; WF_i – параметр, що показує частку коренів рослин від їх загальної кількості в кожному i -му шарі.

Щодо нормування показників моделі, то вони наведені в роботі [7]. Що стосується показника WF_i , то за основу ми взяли роботу [16], де наведено узагальнення щодо розподілу в ґрунті корневих систем основних сільськогосподарських культур помірного природного поясу Світу. Вихідна модель була побудована з використанням бази даних, що включала в себе 96 корневих розрізів, через побудову кумулятивної кривої розподілу маси корневих систем у ґрунті за допомогою рівняння логістичної кривої «доза-ефект» [16]:

$$Y(h) = \frac{1}{1 + \left(\frac{h}{d_a}\right)^c} + \left[1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{max}}{d_a}\right)^c} \right] \cdot \frac{h}{d_{max}}, \quad (4)$$

де $Y_i(h)$ – значення кумулятивної кривої вмісту коренів певної сільськогосподарської культури в частках одиниці в точці профілю ґрунту h , см; d_a та c – параметри кривої, d_{max} – максимальна довжина коренів певної культури, см.

Значення параметрів моделі для основних сільськогосподарських культур помірної природної зони Світу визначені в роботі [16]. Для умов Правобережного Степу України ці параметри були розраховані як середньозважені з урахуванням площ сільськогосподарських культур в регіоні. Показники структури посівних площ регіону за кілька останніх років було взято з сайту Державної служби статистики [17]. Значення WF_i шарі ґрунту h у базовій моделі оцінки продуктивності (3) можна буде визначити таким чином:

$$WF_i = Y(h)_j - Y(h)_i, \quad (5)$$

де $Y(h)_j$ – значення функції (4) на верхній межі шару ґрунту h ; $Y(h)_i$ значення функції (4) на нижній межі шару ґрунту h .

Розрахунки, проведені на основі моделі (3) (таблиця 2), показали, що короткопрофільні (еродовані) чорноземи звичайні, розміщені на схилах, практично у всіх шарах ґрунту мають на 10-17% менше значення МРІ у порівнянні з нееродованими ґрунтами вододілів.

Таблиця 2
Значення МРІ для чорноземних ґрунтів Правобережного Степу України

Шар ґрунту, см	Значення МРІ							
	ЧЗне-1	ЧЗе-1	ЧЗне-2	ЧЗе-2	ЧПне-1	ЧПе-1	ЧПне-2	ЧПе-2
0-30	0,57	0,51	0,61	0,52	0,62	0,36	0,53	0,51
0-50	0,62	0,55	0,66	0,56	0,65	0,39	0,57	0,55
0-100	0,64	0,58	0,69	0,59	0,68	0,40	0,60	0,57

Щодо чорноземів південних, то особливо помітним є зниження якості схилових ґрунтів у парі розрізів ЧПне-1 та ЧПе-1, де значення МРІ у шарі 0-100 см більш ніж у двічі нижче у порівнянні з вододілом: 0,68 та 0,40 відповідно. Приблизно таке ж співвідношення спостерігається у розрахунках модифікованого індексу продуктивності і для інших шарів ґрунту (0-30 та 0-50 см).

Такі значення МРІ зумовлені, перш за все, пошаровими значеннями цього показника, що суттєво відрізняються на вододілі і схилі. Особливо помітною є різниця у верхніх шарах, що зумовлено погіршенням властивостей схилових ґрунтів, що входять до складової моделі (3). Починаючи з глибини 60-70 см властивості ґрунтів приблизно однакові і більш притаманні вихідній лесовій материнській породі з її високою щільністю та невеликим вмістом гумусу та поживних елементів, а тому різниця між еродованими та нееродованими відмінами в цих шарах практично зникає.

Отже, проведені дослідження показали, що методика оцінки родючості через модифікований індекс продуктивності (3) після певних модифікацій може бути застосована для оцінки якості чорноземних ґрунтів Правобережного Степу України.

Список використаних джерел

1. Pierce F.J., Larson W.E., Dowdy R.H., Graham W.A.P. Productivity of soils: assessing long-term changes due to erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1983. №38. P. 39-44. URL: <http://www.jswconline.org/content/38/1/39.short>.
2. Mulengeraa M.K., Payton R.W. Modification of the productivity index model. *Soil and Tillage Research*. 1999. №52. P. 11-19. URL: https://www.researchgate.net/publication/240391515_Modification_of_the_productivity_index_model.
3. Duan X., Xie Y, Fen Y.J. Study on the method of soil productivity assessment in northeast black soil regions of China. *Scientia Agriculturae Sinica*. 2009. № 42(5). P. 1656-1664. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1671292708602345>.
4. Sambodo A.P., Setiawan M.A., Rokhmaningtyas R.P. The evaluation of modified productivity index method on the transitional volcanic-tropical landscape. *International Conference*

on Climate Change. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 200.2018. 012011. doi:10.1088/1755-1315/200/1/012011.

5. Pierce F.J., Larson W.E., Dowdy R.H. Soil loss tolerance: Maintenance of long-term soil productivity. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1984. №39 (2). P.136-138. URL: <http://www.jswconline.org/content/39/2/136.short>.

6. Duan X., Xie Y., Liu B., Liu G., Feng Y., Gao X. Soil loss tolerance in the black soil region of Northeast China. *J. Geogr. Sci.* 2012. № 22(4). P. 737-751. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11442-012-0959-5>.

7. Черный С.Г., Поляшенко Н.В. К вопросу определения допустимой нормы эрозии. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Географічні науки*. 2016. Вип. 3. С. 42-50. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3709>.

8. El-Nad M.A. Evaluation of the Productivity of Two Soils Using Productivity Index. *Egypt. J. Soil. Sci.* 2015. Vol. 55. № 2. P. 171-184. URL: https://ejss.journals.ekb.eg/article_314_7bde7e6f433a844ab62caecf087571fb.pdf.

9. Якість ґрунту. Визначання гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського: ДСТУ 4730:2007 [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України. 2008. 18 с.

10. Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272-1998, IDT): ДСТУ ISO 11272-2001. [Чинний від 2003-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 12 с.

11. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT): ДСТУ ISO 10390:2007. [Чинний від 2009-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. 13 с.

12. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.

13. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна: ДСТУ 4114:2002. [Чинний від 2003-03-01]. Київ: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 10 с.

14. Медведєв В.В., Плиско І.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины. Харьков: Изд-во «13 типография», 2006. 386 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/384956/>

15. Медведєв В.В., Лындина Т.Е., Лактионова Т.Н. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков: Изд-во «13 типография». 2004. 244 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/472566/>

16. Fan J., McConkey B., Wang H., Janzen H. Root distribution by depth for temperate agricultural crops. *Field Crops Research*. 2016. № 189. P. 68-74. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.02.013>.

17. Рослинництво України. Статистичний збірник. [Електронний ресурс] / URL https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm. Останнє звернення: 09.02.2019. Назва з екрану.