

УДК 631.474

## Модифікація «Індексу Продуктивності Пірса» та його використання для оцінки якості чорноземних ґрунтів Правобережного Степу України

С.Г. Чорний, Н.В. Вільна (Поляшенко)

Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 18.02.2019 Отримано після доопрацювання 22.06.2019 Затверджено до друку 19.08.2019 Доступно онлайн 01.09.2019	Комплексна оцінка якості ґрунтів є необхідною процедурою у розробці системи агрохімічних, агротехнічних, фітосанітарних, меліоративних, протиерозійних та інших заходів у процесі активного землекористування. Вона необхідна також у процедурах вартісної оцінки сільськогосподарських земель, оцінки виробничої діяльності господарств та рослинницьких підрозділів окремих сільськогосподарських підприємств тощо. Метою досліджень була розробка процедури адаптації до умов Правобережного Степу України популярного у багатьох країнах світу Індексу Продуктивності Пірса. Окремими завданнями, які витікають з поставленої мети, були модифікація структури цього індексу, трансформація структури параметра $WF_i$ (частка коренів у кожному шарі ґрунту) з урахуванням структури посівних площ, яка існує в регіоні, проведення польових досліджень для визначення профільного розподілу попередньо визначених показників родючості та комплексна оцінка якості як чорноземів повнопрофільних звичайних і південних на вододілах, так і еродованих ґрунтів на схилах. Проведені процедури адаптації та розрахунки показали, що схилі короткопрофільні (еродовані) ґрунти мають суттєво менші значення Індексу Продуктивності порівняно з нееродованими ґрунтами на вододілах. Так, за розрахунками на шар ґрунту 0-100 см, модифікований індекс продуктивності (MPI) чорноземів звичайних на вододілах був на 10-17 % більшим, ніж на схилах: 0,69-0,64 на вододілах та 0,58-0,59 на схилах. Що стосується чорноземів південних, то ця різниця була ще більшою: 0,68 на вододілах та 0,40 на схилах. Це пояснюється тим, що еродовані ґрунти мають в цілому гірші характеристики щільності будови, вмісту гумусу, рухомого фосфору та калію. Найбільший контраст між властивостями еродованих та нееродованих відмін спостерігається у верхніх шарах ґрунтів, а з глибиною ця різниця зникає. Запропонована процедура оцінки якості ґрунту через модифікований індекс продуктивності може бути застосованою як у Правобережному Степу України, так і в інших ерозійно небезпечних регіонах з чорноземами та великою часткою схилених земель; цей показник об'єктивно характеризує зміну родючості ґрунту в умовах інтенсивного прояву ерозійних процесів.
<p><i>Ключові слова:</i></p> <p><i>індекс продуктивності; якість ґрунтів; чорнозем звичайний; чорнозем південний; еродовані ґрунти.</i></p>	

\* E-mail: s.g.chorny@ gmail.com

*Форма цитування:* Чорний С.Г., Вільна (Поляшенко) Н.В. Модифікація «Індексу Продуктивності Пірса» та його використання для оцінки якості чорноземних ґрунтів Правобережного Степу України. *Агрехімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 88. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». 2019. С. 31-39. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-04>.

### 1. Вступ

Комплексне оцінювання якості ґрунтів шляхом їх бонітування або використання інших методик з інтегрованими показниками родючості – необхідна процедура для розробки й визначення черговості проведення агрохімічних, агротехнічних, фітосанітарних, меліоративних, протиерозійних та інших заходів за активного землекористування в конкретних господарствах, адміністративних районах та областях. Інколи такі методики є необхідними для вартісної оцінки сільськогосподарських земель, оцінки виробничої діяльності господарств та рослинницьких підрозділів сільськогосподарських підприємств.

Важливою проблемою комплексного оцінювання якості ґрунтів сільськогосподарського призначення є те, що показники, які використовуються у розрахунках, повинні бути зв'язані з урожайністю певних сільськогосподарських культур на певній території. Але, як правило, вибір критеріїв оцінювання спирається на суб'єктивну експертну оцінку авторів методик, що є (ймовірно) джерелом помилок.

В літературі зустрічаються різні підходи щодо комплексного оцінювання якості ґрунтів, які мають як універсальне значення для досить великих територій, так і локальне застосування. Це, наприклад, «відносний індекс комплексу агрохімічних властивостей ґрунту» [1], «узагальнений показник якості ґрунтів» [2], «комплексна оцінка якості ґрунтів за технологією SMAF» [3], «Індекс Продуктивності Пірса» [4], та інші показники, відносно повний перелік яких висвітлено в роботі [5].

Треба зазначити, що для комплексного оцінювання якості ґрунтів у більшості

випадків використовують стандартні показники, які визначаються в процесі виготовлення Агрехімічного (або еколого-агрехімічного) паспорту земельної ділянки. Основним недоліком такого переліку показників ґрунтової родючості є неврахування властивостей ґрунту поза орним шаром. Лише в деяких методиках фігурує «потужність гумусового горизонту» як окремий критерій родючості, але властивості ґрунту у профілі, а також властивості підґрунтя в розрахунку не використовуються. Неврахування властивостей всього ґрунтового профілю в оцінці якості ґрунтів може дати особливо спотворені результати у розрахунках продуктивності схилкових 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.

Слід зазначити, що кардинальна перевага методики з використанням Індексу Продуктивності [4] полягає в тому, що у розрахунок беруть не тільки характеристики орного шару, а й параметри властивостей у метровому шарі ґрунту, визначені через кожні 10 см. А отже, згідно з вихідними роботами американських авторів [4], які проводили свої дослідження у межах Зернового поясу США, 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. Показники  $A_i$ ,  $C_i$ ,  $D_i$ ,  $WF_i$  нормовані від 0 до 1.

Параметр  $WF$  розраховується як [4]:

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

де  $h$  – глибина ґрунту, см.

Приведені вище показники родючості авторами розглядалися як «незамінні», тобто такі, які не піддаються поліпшенню шляхом застосування певних елементів агротехніки у процесі вирощування сільськогосподарських культур або впровадження спеціальних програм меліорації. У більш пізніх роботах різних авторів для розрахунку Індексу Продуктивності Пірса фігурують інші показники, наприклад, вміст водорозчинних солей, вміст обмінного натрію, водопроникність ґрунту, електропровідність, вміст гумусу, вміст окремих поживних елементів, параметри гранулометричного складу ґрунту тощо [6, 7, 8 та ін.]. Підхід Пірса зі співавторами до оцінки якості ґрунтів виявився настільки продуктивним, що різні модифіковані варіанти моделі (1) були застосовані в інших частинах Сполучених Штатів та в різних країнах не тільки для кількісної оцінки родючості, але й для вирішення інших прикладних завдань – оцінки деградації ґрунтів під впливом ерозії, оцінки допустимих норм ерозії тощо [9, 10, 11, 12].

Отже, враховуючи вище сказане, метою наших 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. Окремими завданнями, які витікають з поставленої мети, були такі: визначення нового переліку показників, які повинні фігурувати в розрахунках, згідно з (1); трансформація структури показника  $WF_i$  з урахуванням наявної структури посівних площ в регіоні; проведення польових досліджень для визначення внутрішньопрофільного розподілу показників родючості; комплексне оцінювання (за експериментальними даними) родючості як повнопрофільних чорноземів на вододілах, так і еродованих ґрунтів на схилах.

## 2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

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. Характеристику місць закладення ґрунтових розрізів наведено у таблиці 1.

**Таблиця 1**  
Характеристика місць закладення ґрунтових розрізів

№	Ґрунт	Гумусований шар (Н+Нр), см	Елемент рельєфу	Район	Координати розрізів	
					N	E
1	Чорнозем звичайний нееродований (ЧЗне-1)	78	вододіл	Братський	47°53'08,5"	31°48'10,6"
2	Чорнозем звичайний еродований (ЧЗе-1)	54	схил	Братський	47°53'06,1"	31°48'26,0"
3	Чорнозем південний нееродований (ЧПне-1)	47	вододіл	Миколаївський	46°55'20,5"	31°40'56,2"
4	Чорнозем південний еродований (ЧПе-1)	32	схил	Миколаївський	46°54'35,4"	31°40'04,4"
5	Чорнозем звичайний нееродований (ЧЗне-2)	72	вододіл	Братський	47°53'28,8"	31°49'11,3"
6	Чорнозем звичайний еродований (ЧЗе-2)	52	схил	Братський	47°53'03,1"	31°49'17,0"
7	Чорнозем південний нееродований (ЧПне-2)	55	вододіл	Миколаївський	46°53'54,0"	31°40'55,9"
8	Чорнозем південний еродований (ЧПе-2)	42	схил	Миколаївський	46°53'41,7"	31°40'37,0"

З кожного розрізу було відібрано проби ґрунту з кожних 10 см профілю ґрунту у порушеному та непорушеному станах. У лабораторних умовах, згідно зі стандартизованими методиками, визначали такі властивості ґрунтів: гранулометричний склад [13]; щільність будови ґрунту [14];  $pH_{H_2O}$  ґрунтового розчину [15]; вміст гумусу [16]; вміст рухомих сполук фосфору і калію [17]. Як буде показано нижче, саме ці властивості ґрунтів були використані в процедурах модифікації індексу продуктивності та його адаптації до умов Правобережного Степу України.

### 3. Результати досліджень

#### 3.1. Модернізація структури моделі (1)

Недоліком математичної моделі (1) є те, що нормовані параметри, якими визначено родючість ґрунтів, є рівноцінними між собою, що є певним перебільшенням. Зокрема, очевидно, що функція  $WF$  не має прямого відношення до продуктивності ґрунту, а показує лише вагу коренів кожного шару ґрунту в формуванні загальної продуктивності всього ґрунту. Слід також зазначити, що функція (2) в оригінальній роботі [4] 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, на наш погляд, зберігаючи ідеологію моделі (1), ми можемо вибрати більш точний підхід до комплексного оцінювання родючості чорноземних ґрунтів Правобережного Степу України на основі індексу продуктивності, провівши певну модернізацію вихідної моделі (1).

Деякі аспекти модифікації моделі (1) вже були опубліковані в наших роботах [11], присвячених використанню моделі Пірса для оцінки допустимої норми ерозії. Зокрема, в цих роботах пропонується розраховувати пошарове значення індексу як середнє геометричне тільки «ґрунтових», визначених окремо, складових індексу, перемножене на величину функції  $WF$  по кожному шару ґрунту.

Що стосується переліку показників родючості, які необхідно використовувати в рівнянні (1), то це ті параметри, які застосовуються в Україні для бонітування степових чорноземних ґрунтів. У найбільш сучасній та детальній методиці з бонітування українських ґрунтів, на підставі існуючих кореляційних зв'язків у системі «ґрунт-урожай», рекомендується використовувати 6 показників, які найбільш повно характеризують ґрунтову родючість чорноземної зони України [18]. Це вміст гумусу,  $pH$  ґрунтового розчину, вміст фізичної глини за гранулометричним аналізом, щільність будови, вміст рухомих форм фосфору та калію. Але аналіз вихідних даних показав, що у всіх ґрунтових профілях чорноземів звичайного та південного Правобережного Степу України гранулометричний склад є досить одноманітним: вміст фізичної глини змінюється в діапазоні 55-60 %, а тому вирішального впливу на родючість цей показник у таких умовах не чинить.

Отже, в нашому випадку, для чорноземів Правобережного Степу модифікований Індекс Продуктивності (MPI) буде мати такий вигляд:

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

де  $i$  – номер кожного з шарів ґрунту ( $i=1, 2, 3, \dots, 10$ );  $h_i, \rho h_i, \gamma_i, \rho_i, \kappa_i$  – 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.

### 3.2. Нормування складових моделі (1)

Опрацювання літературних даних щодо впливу вмісту гумусу на урожайність сільськогосподарських культур [18, 19] показало, що в умовах Степу України вміст гумусу в 3,5 % можна вважати максимально «критичним» значенням для сільськогосподарських культур. Значення вмісту гумусу вище 3,5 % вже не впливає на врожайність, а тому після нормування цього показника в моделі MPI (3) він буде дорівнювати 1. А отже, загальний вираз процедури нормування буде мати таку структуру:

$$h_i = \begin{cases} h/3,5, & \text{якщо } h \leq 3,5 \% \\ 1, & \text{якщо } h > 3,5 \% \end{cases} \quad (4)$$

де  $h$  – фактичний вміст гумусу в кожному шарі ґрунту, %.

Вплив рН ґрунтового розчину на продуктивність ґрунту, як правило, визначається певним «оптимальним діапазоном», що є найбільш сприятливим для росту і розвитку більшості сільськогосподарських культур. Він дорівнює значенню  $pH_{H_2O}$  від 6,5 до 7,7 [18]. Надмірно високий (більше 8,0) та надмірно низький (менше 6,0) показники  $pH_{H_2O}$  ґрунту негативно діють на кореневі системи рослин. В ґрунтах, які досліджувалися, рівень  $pH_{H_2O}$  в цілому знаходиться в межах 6,0-8,5. Враховуючи це, а також використовуючи узагальнювальні роботи щодо впливу рН на врожайність сільськогосподарських культур [зокрема, 18], ми отримали певну залежність, яку можна застосовувати для нормування значень  $pH_{H_2O}$  у базовій моделі модифікованого Індексу Продуктивності (3):

$$\rho h_i = -0,067 \cdot (pH)^2 + 0,875 \cdot (pH) - 1,863, \quad (5)$$

де  $pH$  – фактичне значення кислотності (лужності) ґрунтового розчину.

Вплив щільності будови українських ґрунтів на їх продуктивність наведено у монографії [20]. Для важкосуглинкових та глинистих чорноземів південних та звичайних у цій публікації пропонується залежність між продуктивністю, яка має вираз у частках одиниці, та щільністю будови ґрунту. Якщо скористатися цією функцією, то процедуру нормування слід виконувати за такою технологією:

$$\gamma_i = \begin{cases} \gamma_i = 1 - 5,00 \times (Y - 1,20)^2 & \text{якщо } Y \leq 1,65 \text{ г/см}^3 \\ \gamma_i = 0,1, & \text{якщо } Y > 1,65 \text{ г/см}^3 \end{cases} \quad (6)$$

де  $Y$  – щільність будови ґрунту,  $\text{г/см}^3$ .

Для розробки процедури нормування вмісту рухомого фосфору для моделі MPI (3) було опрацьовано ряд літературних джерел [19, 21]. Виходячи з цих робіт, було визначено, що коли вміст рухомого фосфору у ґрунтах вище ніж 45 мг/кг ґрунту, то його подальше зростання вже не впливає на врожайність сільськогосподарських культур. А тому:

$$\rho_i = \begin{cases} P/45, & \text{якщо } P \leq 45 \\ 1, & \text{якщо } P > 45 \end{cases} \quad (7)$$

де  $P$  – вміст рухомого фосфору, мг/кг.

Узагальнення щодо впливу обмінного калію на продуктивність ґрунтів, зроблені в роботах [19, 22], дали змогу виявити, що вміст обмінного калію більше ніж 300 мг/кг ґрунту не впливає на врожайність сільськогосподарських культур. А тому процедура нормування показника  $\kappa_i$  буде мати такий вигляд:

$$\kappa_i = \begin{cases} K/300, & \text{якщо } K \leq 300 \\ 1, & \text{якщо } K > 300 \end{cases} \quad (8)$$

де  $K$  – вміст обмінного калію, мг/кг.

### 3.3. Модифікація показника $WF$

Як сказано вище, показник  $WF$  є показником впливу конкретного шару ґрунту на його загальну продуктивність в умовах середньої зволоженості ґрунту. Приведена вище реалізація цієї функції (2) не може використовуватися в умовах Правобережного Степу України, тому що не враховує специфічний набір культур, які вирощуються в цьому регіоні. Узагальнення щодо розподілу в ґрунті кореневих систем основних сільськогосподарських культур помірного природного поясу Світу проведено в роботі [23]. База даних, яку було покладено в основу вихідної моделі, була скомпільована з журналів та книжкових розділів шляхом пошуку джерел, індексованих у Scopus та Google Scholar. Усього в базу даних було включено 96 корневих профілів для 11 сільськогосподарських культур. Узагальнення відбувалося через побудову кумулятивної кривої розподілу маси корневих систем у ґрунті за допомогою рівняння логістичної кривої «доза-ефект» [23]:

$$Y(h) = \frac{1}{1+(\frac{h}{d_a})^c} + \left[ 1 - \frac{1}{1+(\frac{d_{max}}{d_a})^c} \right] \cdot \frac{h}{d_{max}}, \quad (9)$$

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 цих параметрів для основних сільськогосподарських культур помірної природної зони Світу визначені в роботі [23]. Для отримання деякого середнього показника для умов регіону Правобережного Степу України були розраховані параметри  $d_a$ ,  $c$ ,  $d_{max}$  як середньозважені з урахуванням площ сільськогосподарських культур в регіоні (Табл. 2).

**Таблиця 2**

Параметри визначення показника  $WF$

Сільськогосподарська культура	Частка у структурі посівних площ регіону	$d_a$	$c$	$d_{max}$
Озима пшениця	0,28	17,2	-1,286	150,4
Кукурудза	0,07	14,9	-1,151	118,3
Ярий та озимий ячмінь	0,18	11,8	-1,060	146,1
Бобові культури (горох, соя)	0,02	16,2	-1,115	104,8
Олійні культури (соняшник, ріпак)	0,35	10,0	-0,671	133,0
Багаторічні трави	0,01	20,7	-1,032	176,8
Інші	0,09	15,0	-1,117	141,9
Середнє зважене	-	13,4	-0,999	139,9

Примітка.  $d_a$  та  $c$  – параметри кумулятивної кривої вмісту коренів;  
 $d_{max}$  – максимальна довжина коренів певної культури, см

Показники структури посівних площ регіону за кілька останніх років було взято з сайта Державної служби статистики [24]. Очевидно, що значення  $WF_i$  у шарі ґрунту  $h$  у базовій моделі оцінки продуктивності (3) можна буде визначити таким чином:

$$WF_i = Y(h)_j - Y(h)_i, \quad (10)$$

де  $Y(h)_j$  – значення функції (9) на верхній межі шару ґрунту  $h$ ;  $Y(h)_i$  – значення функції (9) на нижній межі шару ґрунту  $h$ .

#### 4. Обговорення результатів досліджень

Результати розрахунків базової моделі модифікованого Індексу Продуктивності (3) за даними восьми профілів чорноземів південних та звичайних наведено в таблиці 3.

Як видно з таблиці 3, схиліві коротко профільні (еродовані) ґрунти мають суттєво менше значення модифікованого індексу порівняно з нееродованими ґрунтами вододілів. Так, за результатами розрахунків у шарі ґрунту 0-100 см, *MPI* чорноземів звичайних на вододілах, був на 10-17 % вищим, ніж в аналогічних еродованих відмінах на схилах: 0,69-0,64 на вододілах та 0,58-0,59 на схилах. Приблизно таке ж зменшення величини індексу спостерігається і у шарах ґрунту 0-50 та 0-30 см (Табл. 3). Що стосується чорноземів південних, то в парі розрізів ЧП<sub>не</sub>-1 та ЧП<sub>е</sub>-1 ситуація є ще більш різкою. Схиліві короткопрофільні ґрунти на 70 % мають менші значення *MPI* в шарі 0-100 см: 0,68 на нееродованих ґрунтах та 0,40 – на еродованих. Приблизно таке ж співвідношення спостерігається у розрахунках модифікованого індексу продуктивності і для інших шарів ґрунту (0-30 та 0-50 см).

**Таблиця 3**

Значення *MPI* для чорноземних ґрунтів Правобережного Степу України

Шар ґрунту, см	Значення <i>MPI</i>							
	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

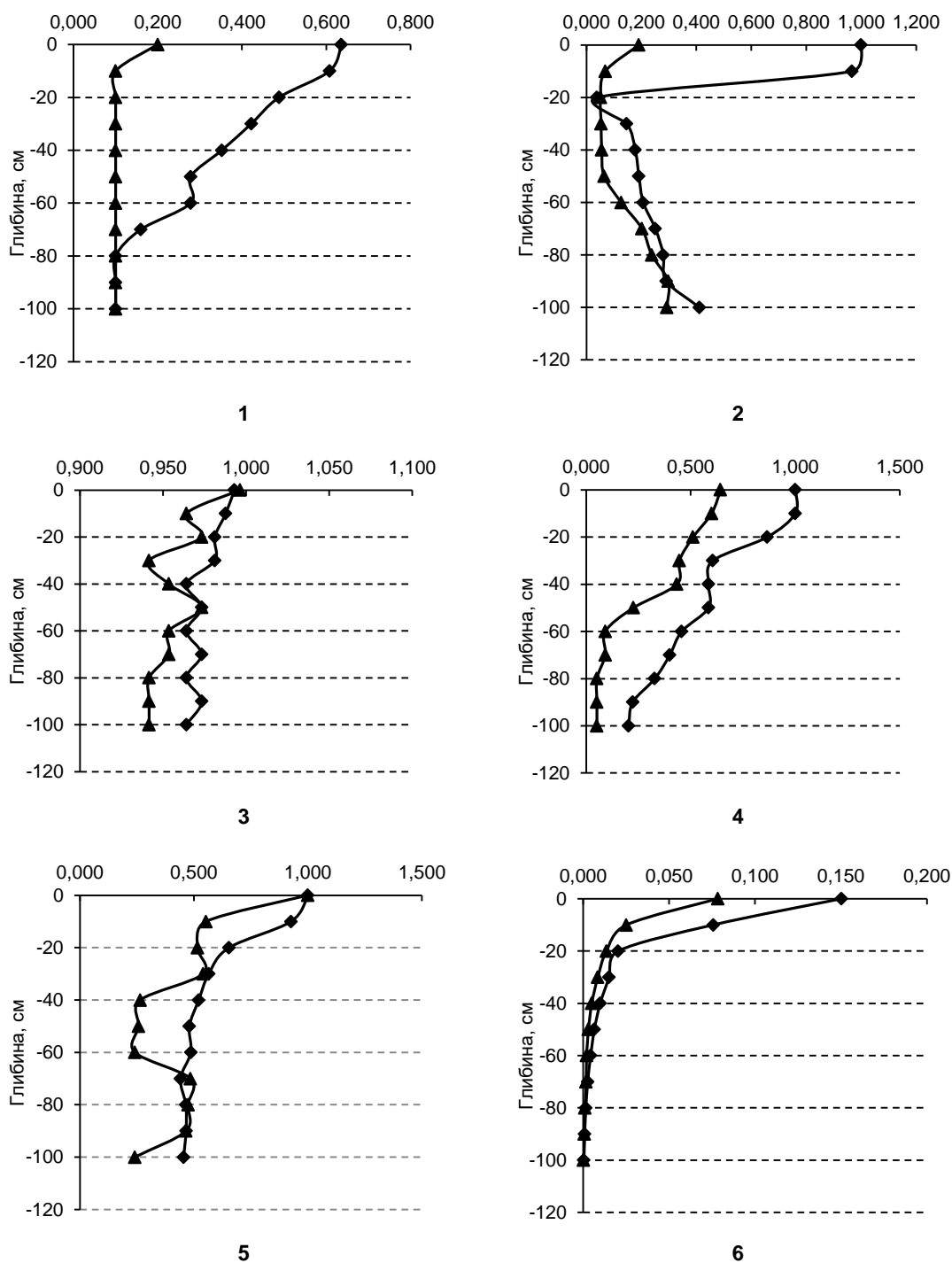
Формальне погіршення родючості схилівих еродованих ґрунтів, що зафіксовано запропонованою методикою, підтверджується результатами конкретних польових досліджень властивостей ґрунтів, результати яких покладено в основу розрахунків за формулами (3-10). На рисунку зображено профільний розподіл нормованих значень параметрів ґрунтової родючості для розрізів ЧП<sub>не</sub>-1 та ЧП<sub>е</sub>-1, на якому показано, що еродовані ґрунти мають гірші характеристики щільності будови, вмісту гумусу, рухомого фосфору та калію. Очевидних змін не виявлено лише в профільному розподілі нормованого значення рН.

Очевидно, що розрахунки, згідно з базовою моделлю (3), вказують на те, що і профільні розподіли добутку  $(h_i \cdot ph_i \cdot \gamma_i \cdot \rho_i \cdot \kappa_i)^{0,2} \times WF_i$  на вододілі і на схилах в одних і тих самих шарах ґрунту будуть сильно розрізнятися між собою (Рис. 1). Тим більше, що величина  $WF_i$  для кожного шару ґрунту має фіксоване значення, яке не залежить від ступеню еродованості ґрунту.

В той же час, внаслідок зменшення величин ґрунтових складових індексу, величина пошарового добутку  $(h_i \cdot ph_i \cdot \gamma_i \cdot \rho_i \cdot \kappa_i)^{0,2} \times WF_i$ , як для нееродованих, так і для еродованих ґрунтів, особливо за межами орного шару, швидко зменшується з глибиною (Рис. ).

Результати розрахунків показують, що добуток  $(h_i \cdot ph_i \cdot \gamma_i \cdot \rho_i \cdot \kappa_i)^{0,2} \times WF_i$  в чорноземних ґрунтах у межах орного шару зменшується приблизно на 5-8 % на кожні 10 см в глибину. Нижче орного шару, у більшості випадків, зниження цього добутку не перевищує 2,5 % на кожний 10-сантиметровий шар ґрунту. В цілому, різниця між еродованими і нееродованими ґрунтами досягає максимуму у верхніх шарах, і мінімуму – у нижніх. Останнє пояснюється тим, що зі збільшенням глибини, як у межах гумусового горизонту, так і поза його межами, і на схилі, і на вододілі, властивості ґрунтів швидко погіршуються і на глибині в 60-70 см вони приблизно однакові і більш притаманні вихідній лесовій материнській породі з її високою щільністю та невеликим умістом гумусу і поживних елементів. А тому різниця добутку  $(h_i \cdot ph_i \cdot \gamma_i \cdot \rho_i \cdot \kappa_i)^{0,2} \times WF_i$  між еродованими та нееродованими відмінками в цих шарах практично зникає.

Але в цілому слід сказати, що методика оцінки родючості через модифікований індекс продуктивності (3) добре реагує на еродованість ґрунтів і може бути застосована для кількісних визначень якості ґрунтів у Правобережному Степу України та і в інших регіонах з великою часткою схилівих земель і небезпекою ерозії ґрунту.



**Рис.** Розподіл по профілю чорноземів південних нормованих значень: 1 – щільність будови ґрунту; 2 – вміст рухомого фосфору; 3 –  $pH_{H_2O}$ ; 4 – вміст гумусу; 5 – вміст обмінного калію; 6 – добуток  $(h_i \cdot ph_i \cdot \gamma_i \cdot \rho_i \cdot \kappa_i)^{0,2} \times WF_i$ . ▲ - ЧП<sub>e</sub>-1; ◆ - ЧП<sub>не</sub>-1.

## 5. Висновки

1. Огляд літератури показав, що математична структура Індексу Продуктивності Пірса може бути використана для комплексної кількісної оцінки якості ґрунтів Правобережного Степу України за певної модифікації.

2. Процедура модифікації Індексу Продуктивності складалась зі зміни його структури, визначення нового переліку показників родючості ґрунту (щільність будови, вміст гумусу, pH ґрунтового розчину, вміст рухомого фосфору та обмінного калію), що притаманні умовам Правобережного Степу України та трансформації структури показника  $WF_i$  з урахуванням співвідношення посівних площ в регіоні.

3. Розрахунки за даними восьми ґрунтових профілів показали, що схиліві короткопрофільні ґрунти мають суттєво менші значення модифікованого індексу порівняно з нееродованими ґрунтами вододілів. Так, у розрахунках на шар ґрунту 0-100 см, МРІ чорноземів звичайних на вододілах, був на 10-17 % більшим ніж аналогічних еродованих відмін на схилах: 0,69-0,64 на вододілах та 0,58-0,59 на схилах. Що стосується чорноземів південних, то в одній парі розрізів різниця була ще більшою: 0,68 на нееродованих ґрунтах та 0,40 на еродованих. Еродовані ґрунти мають в цілому гірші характеристики щільності будови, вмісту гумусу, рухомого фосфору та обмінного калію. Очевидних змін не виявлено лише в профільному розподілі нормованого значення рН. Найбільший контраст між властивостями еродованих та нееродованих відмін спостерігається у верхніх шарах ґрунту, а з глибиною ця різниця зникає.

4. Запропонована методика оцінювання ґрунту через модифікований Індекс Продуктивності може використовуватися для кількісних визначень якості ґрунтів у Правобережному Степу України та інших ерозійно небезпечних регіонах з великою часткою схилівих земель тому, що він дозволяє об'єктивно висвітлити зміну родючості в умовах інтенсивного прояву ерозійних процесів.

### Список використаних джерел

1. Кулаковская Т.Н. Роль химизации в решении проблемы расширенного воспроизводства почвы. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1983. № 10. С. 37-46.
2. Гринченко Т.А., Егоршин А.А. Комплексная оценка эволюции плодородия почв и степени их окультуренности при длительном воздействии мелиорации и удобрений. *Агрехимия*. 1984. № 11. С. 45-53.
3. Karlen D.L., Stott D.E.; Cambardella C. A.; Kremer R.J., McCarty G.W. Surface soil quality in five Midwestern cropland Conservation Effects Assessment Project watersheds. *J. Soil Water Conserv.* 2014. № 69. P. 393-401. doi:10.2489/jswc.69.5.393.
4. Pierce F.J., Larson W.E., Dowdy R.H., Graham W.A.P. Productivity of soils: assessing long-term changes due to erosion. *J. Soil and Water Conservation*. 1983. №38. P. 39-44. URL: <http://www.jswconline.org/content/38/1/39.short>.
5. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ. 2018. 233 с. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3259>.
6. Mulengera 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](https://www.researchgate.net/publication/240391515_Modification_of_the_productivity_index_model).
7. 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>.
8. 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.
9. 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>.
10. 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>.
11. Черный С.Г., Поляшенко Н.В. К вопросу определения допустимой нормы эрозии. *Научный вестник Херсонського державного університету. Серія Географічні науки*. 2016. Вип. 3. С. 42-50. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3709>.
12. 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](https://ejss.journals.ekb.eg/article_314_7bde7e6f433a844ab62caecf087571fb.pdf).
13. *Якість ґрунту*. Визначення гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського: ДСТУ 4730:2007 [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 18 с.
14. *Якість ґрунту*. Визначення щільності складення на суху масу (ISO 11272-1998, IDT) : ДСТУ ISO 11272-2001. [Чинний від 2003-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 12 с.
15. *Якість ґрунту*. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT): ДСТУ ISO 10390:2007. [Чинний від 2009-10-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 13 с.
16. *Якість ґрунту*. Методи визначення органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
17. *ґрунти*. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачігіна : ДСТУ 4114:2002. [Чинний від 2003-03-01]. Київ: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 10 с.
18. Медведев В.В., Плиско И.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины. Харьков: Изд-во «13 типография», 2006. 386 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/384956/>.
19. *Якість ґрунту*. Показники родючості ґрунтів: ДСТУ 4362:2004. [Чинний 2006-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 22 с.
20. Медведев 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/>.
21. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. Київ: Урожай, 1990. 223 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/542075/>.
22. Носко Б.С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків: Вид. «13 типографія», 2006. 239 с.

23. 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>.

24. Рослинництво України. Статистичний збірник. [Електронний ресурс] / URL: [https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat\\_u/publ7\\_u.htm](https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm). Останнє звернення: 09.02.2019. Назва з екрану.

UDC 631.474

## Updating of "The Productivity Index of Pierce» and its application for an estimation of chernozem soils quality in the Right-bank Steppe of Ukraine

S.G. Chorny, N.V. Vilna (Poliashenko)

Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine  
E-mail: [s.g.chorny@gmail.com](mailto:s.g.chorny@gmail.com)

Complex evaluation of soil quality is the necessary procedure in development of agrochemical, agro technology, phytosanitary, land betterment, soil-loss control and other actions in the course of the active land use. It is necessary also in procedures of cost assessment of farmlands, assessment of production activity of farms and crop divisions of the agricultural company and so forth. Development of procedures of adaptation to conditions of the Right-bank Steppe of Ukraine of the world of the Index Productivity of Pierce, popular in many countries, was the purpose of research. Modification of structure of this index, transformation of the WF-parameter based a regional ratio of cultivated area was separate tasks which follow from a goal, carrying out field research for definition of profile distribution beforehand of particular parameters of fertility and complex quality test as is full of profile ordinary and southern chernozems of watersheds, and eroded soils of slopes. The carried-out procedures of adaptation and calculations that eroded shortly profile soils have significantly smaller values of the Productivity Index in comparison with not eroded soils of watersheds showed. So when calculating on a layer of soil in 0-100 cm, the Index for chernozems ordinary, located on watersheds, was 10-17 % more than at the eroded soils: 0.69-0.64 on watersheds and 0.58-0.59 on slopes. As for the chernozems southern, the difference in values of the Productivity Index was larger: 0.68 on not eroded soils and 0.40 on eroded soils. This results from the fact that eroded soils have in general the inferior characteristics of bulk density, content of humus, the mobile phosphorus and exchange potassium. The greatest contrast between properties of eroded and not eroded soils in high layers, however with in deep soil layers this difference disappears is observed. The offered assessment procedure of soil quality by means of the modified Productivity Index in the Right-bank Steppe of Ukraine and in other erosive and dangerous regions with chernozem soils and larger share of slope lands can be used, as this index give objective coverage to change of soil fertility in the conditions of intensive manifestation of erosive processes.

**Keywords:** *chernozem ordinary; chernozem southern; eroded soils; Productivity Index; soil quality.*

*Citing:* Chorny S.G., Vilna (Poliashenko) N.V. 2019. Updating of "The Index Productivity of Peirce» and its application for an estimation of chernozem soils quality in the Right-bank Steppe of Ukraine. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 88. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 31-39. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-04>.