

vation and cultivation of forests in Ukraine]. Kharkiv : Prapor [in Ukrainian].

3. Chepurna, H.M. (2016). *Istorychni peredumovy vprovadzhennia lisonasadzhen v Ukraini vidpovidno do «Velykoho planu peretvorennia pryrody»*. Hileia: naukovyi visnyk [Historical preconditions for introduction of forest belts in Ukraine with accordance to «Great plan of nature transformation»]. Cherkasy chy Kyiv, Vypusk 101. pp. 153-156 [in Ukrainian].

4. Buldei, V.R. (1985) *Irryhatsiia* [Irrigation]. L. : Nauk.dumka [in Russian].

5. Pidubna, D. (2016). *Polezakhysni lisovi smuhy ta inshi zakhysni nasadzhennia – nevidiemna skladova orhanichnoho vyrobnytstva* [Field-protective forest belts and other protective plantings – an irreplaceable part of organic production]. Pidpriemnytstvo, gospodarstvo i pravo. Kyiv. pp. 85–91 [in Ukrainian].

6. *Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha* [About protection of environment]. Zakon Ukrainy vid 25 chervnia 1991 roku. Elektronnyi resurs. Rezhym dostupu: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> [in Ukrainian].

7. *Adaptatsiia k yzmenenyiu klymata v basseinakh rek Chu y Talas* (2017) [Adaptation to the changes of climate in the basins of the rivers Chu and Talas]. Ekolohycheskoe Dvyzhenye «BYOM» v ramkakh proekta OON. Kazakhstan [in Kazakhstan].

8. David, O. Ekhuemelo (2016). Importance of Forest and Trees in sustaining Water supply and Rainfall: <https://www.researchgate.net>.

9. Vangelova, E. (2010). Forest Protection in Europe. Centre for Forestry and Climate Change, Forest

Research. European Commission. [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/23si\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/23si_en.pdf).

10. Netherer, S. & Schopf, A. (2010). Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests - General aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management*. 259: 831–838.

11. Plavylshchikov, N.N. (1994). *Opredelytel nasekomikh* [Insects determination guide]. M. : Topykal. [in Russian].

12. Tymchenko, H.A., Avramenko, Y.D. & Zavad, M.M. (1988). *Spravochnyk po zashchyte lesa ot vreditel'ei y boleznei* [Handbook on forest protection against insects and diseases]. K. : Urozhai. [in Ukrainian].

13. Hladun, H.B., Trofymenko, M.Ie. & Lokhmato, M.A. (2005). *Zakhysni lisovi nasadzhennia: proektuvannia, vyroshchuvannia, vporiadkuvannia* [Protective forest plantings: projecting, cultivation, management]. / Za red. H.B. Hladunova. Kh. : Nove slovo. [in Ukrainian].

14. *Metodyka sutsilnoho hruntovo-ahrokhimichnoho monitorynhu silskohospodarskykh uhid Ukrainy* [Methodology of entire soil-agrochemical monitoring of agricultural lands of Ukraine]. (1994) / Za red. akad. O.O. Sozinova i B.S. Pristera. K. : MSHiP. [in Ukrainian].

15. Skrypchynskaia, L.V., Yanhol, A.M. & Korobchenko, S.M. (1977). *Selskokhoziaistvennye hidrotekhnicheskye melyoratsyy* [Agricultural hydrotechnical amelioration]. Kyev : Vyshcha shkola. [in Ukrainian].

УДК 330.131.5:633/635:631.67

DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.10>

## МЕТОД КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ

**ДИМОВ О.М.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-7839-0956>

**БОЯРКІНА Л.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0002-6605-8411>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Проведений аналіз та узагальнення досвіду зарубіжних країн показали, що інтенсифікація сільського господарства і збільшення валової продукції рослинництва можливі тільки за умови зростання затрат енергетичних і матеріальних ресурсів на внесення добрив, засобів хімічного захисту рослин, потужності машин і обладнання та затрат, пов'язаних зі зрошенням земель.

Широкомасштабне застосування інновацій, прогресивні техніко-технологічні та організаційні зміни у вітчизняному зрошуваному землеробстві – об'єктивна необхідність, обумовлена сучасним етапом розвитку продуктивних сил і трансформації

виробничих відносин у суспільстві [1]. До економічних інновацій у зрошуваному землеробстві слід віднести оцінку ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур, облік витрат, визначення вартості поливної води залежно від способів і техніки поливу тощо.

Аграрії в сучасних умовах застосовують технології, здатні поєднати в собі аспекти підвищення ефективності виробництва з бережливим використанням сільськогосподарських угідь. Інноваційні технології сприяють становленню рівноваги між елементами агроєкосистем і забезпеченням адаптивності сільськогосподарського виробництва до

вимог охорони навколишнього природного середовища.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Принципи, критерії й показники оцінки ефективності сільськогосподарського виробництва на зрошуваних землях широко представлені в роботах таких вітчизняних вчених, як С.А. Балюк [2], Р.А. Вожегова [3; 4], В.В. Гамаюнова, І.Д. Філіп'єв [5], Л.М. Грановська [1], О.І. Жовтоног [6], Г.Є. Жуйков [7], П.І. Коваленко [3], В.А. Писаренко [8], М.І. Ромащенко [2; 3; 9], О.О. Собко [9], В.М. Трегобчук [10], В.О. Ушкаренко [11], М.А. Хвесик [12], А.П. Шатковський [13] та багатьох інших науковців. Проте застосування сучасних технологій при вирощуванні сільськогосподарських культур на зрошуваних землях потребує подальших досліджень, особливо щодо підвищення ефективності їх використання на інноваційній основі.

**Мета статті** – розглянути розроблений комплекс кореляційно-регресійних моделей як один з інструментів оцінки ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях.

**Матеріали та методика досліджень.** Під час досліджень використано сукупність методів і підходів: системного аналізу при вивченні засад оптимізації затрат матеріально-технічних ресурсів; факторного аналізу; порівняльного аналізу; розрахунковий; графічний. Параметри кореляційно-регресійних моделей та їх оцінки розраховували методами статистичного аналізу: «Регресія», «Описательная статистика», «Корреляція» за допомогою Microsoft Excel. У розрахунках вірогідних меж використовували значення таблиць розподілу Фішера і Ст'юдента з імовірністю  $P = 0,95$ .

**Результати досліджень.** У ХХ ст. штучне зрошення набуло широкого поширення в світі. Нині на планеті зрошується понад 270 млн га, що становить 18,5% загальної площі ріллі, на яких виробляється 40% обсягу сільськогосподарської продукції [2], тобто продуктивність одного зрошеного гектара більше ніж удвічі перевищує продуктивність неполивної.

У 2017–2018 рр. наша держава виділяла 112 млн грн на розвиток меліорації. Це дозволило розширити площу фактично зрошуваних земель в Україні та отримувати значно вищі врожаї, що сприяло збільшенню експортного потенціалу країни.

Одним із основних здобутків укладення Угоди про асоціацію України з ЄС є поліпшення умов експорту української аграрної продукції. Адже ринок ЄС об'єднує 27 країн-членів із територією близько 4 млн км<sup>2</sup>, на якій мешкає понад 503 млн осіб із рівнем середнього доходу на душу населення 39 тис. дол. США [14]. Важливе значення в підвищенні рентабельності зрошеного землеробства належить насінництву, без якого неможливе ведення розширеного відтворення [15].

В умовах ринкової економіки головна мета будь-якого виробника сільськогосподарської продукції – отримання максимального прибутку, а також забезпечення високої рентабельності виробництва. Виробництво рослинницької продукції буде ефективним, якщо собівартість буде мініма-

льною, а виручка – максимальною. Відповідно, при мінімізації собівартості та максимізації прибутку виробництво рослинницької продукції є найбільш рентабельним.

Однак сільгосптоваровиробник практично не має можливості регулювати рівень закупівельних цін і навіть прогнозувати їх динаміку в короткотермінових, і, тим більше, довготермінових періодах. Тому єдиним способом збільшення рентабельності і прибутку є мінімізація собівартості ( $C \rightarrow \min$ ).

Для оцінки ефективності виробництва сільськогосподарських культур на зрошуваних землях, порівняно з неполивними, ми використовували (крім показників урожайності й собівартості) показники затрат ресурсів у натуральних одиницях на 1 тону (центнер) продукції:

$$K_{пз} = \frac{P_{мз}}{y_p}, \quad (1)$$

де  $K_{пз}$  – питомі затрати ресурсів при виробництві сільськогосподарської культури на одиницю продукції, виражені в натуральних показниках;

$P_{мз}$  – затрати матеріальних (насіння, поливна вода, добрива, засоби захисту рослин), трудових або енергетичних (ПММ, електроенергія) ресурсів у натуральних одиницях на гектар оброблюваної площі.

Згідно визначенню, під оптимізацією розуміють вибір найкращого варіанта з більшості можливих. Стан системи, що вивчається, буде найкращим з точки зору вимог, які пред'являються до неї (критерію оптимальності).

Не можна говорити про оптимізацію взагалі, поза певних критеріїв оптимальності. Рішення, найкраще в одних умовах і з точки зору одного критерію, може виявитися далеко не кращим в інших умовах і за іншим критерієм. На нашу думку, недостатньо застосування одного критерію оптимальності затрат ресурсів при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Нами розроблений багатокритеріальний підхід до оптимізації затрат ресурсів в технологіях, який включає критерії оптимальності: *господарський* (урожайність); *економічний* (собівартість (в грошовому виразі або в затратах сукупної енергії на одиницю продукції)); *екологічний* (межі допустимих норм використання природних ресурсів, засобів хімізації).

Використання багатокритеріального підходу потребує введення системи пріоритетів вищеперерахованих критеріїв. Вибір пріоритетного критерію залежить від мети, яку ставить перед собою сільгоспвиробник: чи потрібен йому врожай будь-якою ціною, чи метою є низька собівартість виробленої продукції. При цьому, враховуючи глибину й масштабність антропогенних змін природних процесів, пріоритетним повинно бути дотримання екологічних обмежень.

На кожному рівні управління (поле, сівозмінна, господарство, область) формується своя цільова функція, яка представляє собою критерій – функціонал.

**Господарський критерій.** Урожайність сільськогосподарських культур залежить від різних факторів, якими або можна, або не можна управляти.

$$Y(t) = \int_{t_0}^{t_F} f[X_1(t), X_2(t), \dots, X_n; U_1(t), U_2(t), \dots, U_k; R_1(t), R_2(t), \dots, R_p] dt \rightarrow \max \quad (2)$$

де  $X_i(t)$  – характеристики водно-сольових, повітряних, поживних та інших режимів ґрунту, наприклад, режим вмісту азоту в ґрунті;  $U_i(t)$  – режими управління, наприклад, режим зрошення;  $R_i(t)$  – режим факторів, якими неможливо управляти, наприклад, опади;  $t$  – період вегетації рослин.

Заданий критерій – функціонал (2) повинен задовольняти певні обмеження. Наприклад, нерівність визначає замкнуту область допустимих управлінь для даного рівня (обмеження по ресурсах). При цьому обов'язково повинні враховуватися екологічні обмеження, наприклад:

$U_i(t) < A$  – екологічні обмеження за сумою NPK, кг д.р./га;

$U_i(t) < B$  – екологічні обмеження за величиною норми зрошування, м<sup>3</sup>/га.

Однією з найважливіших задач аграрної науки є визначення продуктивності залежно від величини факторів, якими можна управляти. Велика кількість взаємопов'язаних змінних і їх нелінійний характер викликає труднощі для рішення функціонала (2). Оскільки існуючі дослідження, які враховують вплив комплексу факторів, якими можна управляти, на урожайність сільгоспкультур, не багаточисельні та їх недостатньо для побудови математичних залежностей, нами застосовувалась поетапна оптимізація на основі парних функціональних залежностей:

$$U_p = f(NPK) \rightarrow \max \text{ або } U_p = f(Zp) \rightarrow \max, (3)$$

де  $U_p$  – урожайність сільськогосподарських культур, т/га;

$Zp$  – норми зрошування, м<sup>3</sup>/га,

$NPK$  – дози внесення мінеральних добрив, кг д.р./га.

Нами оптимізується сумарна доза внесення NPK, яка найбільш важлива для отримання максимального врожаю і яка не залежить від співвідношення N:P:K [5].

При обґрунтуванні екологічно безпечних норм зрошування та застосування добрив для сільськогосподарських культур, вирощуваних на темно-каштанових ґрунтах південного регіону, за основу взяті дослідження Інституту зрошуваного землеробства НААН (ІЗЗ НААН).

*Економічний критерій.* Якщо метою управління є мінімізація собівартості, то задачу оптимізації затрат ресурсів можна записати так:

$$C_E = \frac{\sum E}{y_p} \rightarrow \min \quad (4)$$

При вирішенні задачі оптимізації можливі два варіанти:

1. Визначення оптимальних значень ресурсів для досягнення мінімальної собівартості, за наявності необмеженої кількості необхідних ресурсів (даний варіант був прийнятий нами для розрахунків).

2. Дефініція оптимальних значень ресурсів за їх обмеженої кількості, щоб досягти найменшої собівартості продукції.

Не маючи можливості впливати на вартість ресурсів, сільгосптоваровиробник може оптимізувати кількість затрачених ресурсів, тим самим мінімізуючи собівартість виробництва продукції.

Методика розрахунку й оптимізації затрат ресурсів при вирощуванні сільськогосподарських культур на зрошуваних землях представлена в концептуальній моделі (рис. 1), яка складається з взаємопов'язаних елементів – блоків і потоків вхідної та вихідної інформації й комплексу моделей.

Комплекс математичних моделей оптимізації затрат ресурсів при вирощуванні сільськогосподарських культур включає три класи моделей: моделі урожайності, моделі технологій вирощування сільськогосподарських культур, моделі прибутковості.

Перший клас моделей – емпіричні моделі (регресійного типу) залежності урожайності сільгоспкультур від норм зрошення ( $Zp$ ) і доз внесення мінеральних добрив (NPK).

Вони дозволяють:

- отримувати математичні й графічні залежності прибутковості вирощування сільгоспкультури від комплексу факторів при вирощуванні на зрошуваних землях;

- аналізувати вплив різних факторів на прибутковість виробництва;

- знаходити оптимальні значення факторів за критерієм прибутку від вирощування сільськогосподарських культур.

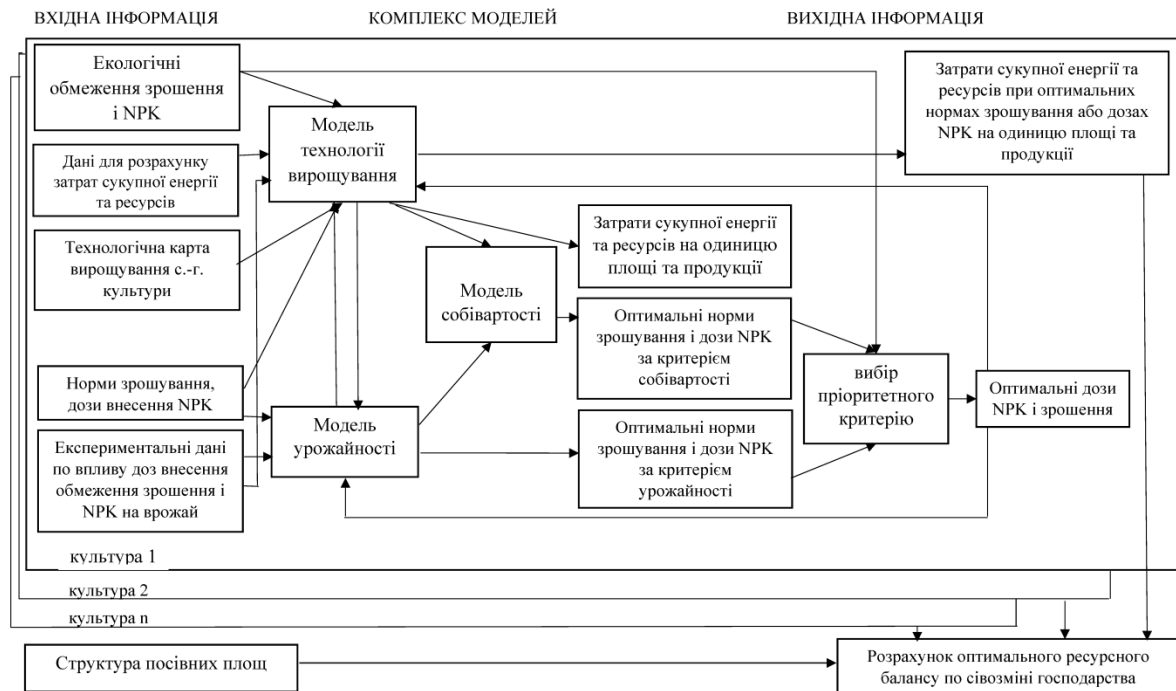


Рис. 1. Концептуальна модель методики розрахунку і оптимізації затрат ресурсів при вирощуванні с.-г. культур

На рисунку 2 представлені графічна й математична моделі залежності прибутку від застосування комплексу факторів за вирощування пшениці озимої

мої при зрошенні дощуванням, побудована на основі багаторічних експериментальних даних на темно-каштанових ґрунтах Херсонської області.

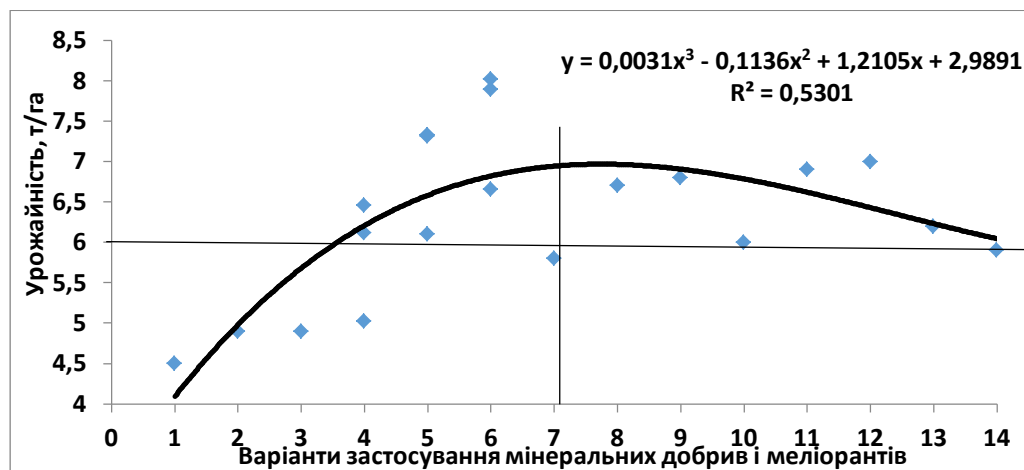
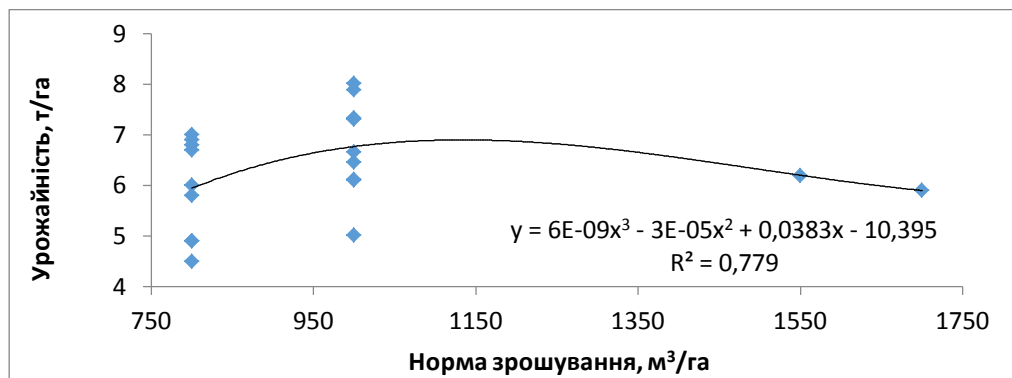


Рис. 2. Залежність урожайності пшениці озимої від комплексу факторів вирощування при зрошенні дощуванням

Примітка:

Варіанти застосування мінеральних добрив і меліорантів	№№
Без добрив	1
Без добрив + АФБ	2
Без добрив + ФМБ	3
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	4
N <sub>90</sub> P <sub>40</sub>	5
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub>	6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> на фоні заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни	7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> + АФБ	8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> + ФМБ	9
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	10
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> + АФБ	11
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> + ФМБ	12
суперфос (12:24) – 150 кг / га, діамофоска (10:26:26) – 70 кг / га, КАС-28 – 150 л / га, карбамід – 85 кг / га	13
нітроамофоска (16:16:16) – 2 ц / га; Гуміфілд 50 г / га; аміачна селітра – 2 ц / га; карбамід – 8 кг / га, сульфат амонію – 5 кг / га	14

Другий клас – математичні моделі зональних технологій вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях, основою яких є технологічні карти, розроблені в Інституті зрошувального землеробства НААН. Такі моделі розроблені нами для пшениці озимої, ячменю ярого, кукурудзи на зерно, сої, ріпаку озимого, соняшнику, цибулі, столових буряків, картоплі, люцерни, вирощуваної на насіння, кукурудзи молочно-воскової стиглості. Створення подібних моделей дозволяє:

- розраховувати затрати сукупної енергії та всіх видів ресурсів на кожну технологічну операцію й на весь комплекс виробництва;
- розраховувати затрати сукупної енергії й ресурсів на одиницю оброблюваної площі та на 1 т (1 ц) отриманої продукції;
- розраховувати затрати ресурсів при оптимальних значеннях норм зрошення за різних критеріїв оптимальності;
- додавати або виключати будь-яку технологічну операцію й автоматично розраховувати та моделювати зміни затрат ресурсів;
- моделювати різні режими зрошення, технології та техніку поливів, норми поливання та зрошення;
- моделювати технології, вид і дози внесення мінеральних добрив, меліорантів, регуляторів росту рослин тощо.

Моделі другого класу також є основою для побудови моделей третього класу – емпіричних моделей регресійного типу залежності отримання прибутку від культури, її сорту (гібриду), густоти стояння рослин, способів і глибини обробітку ґрунту, видів і норм застосування мінеральних і бактеріальних добрив, хімічних меліорантів, регуляторів

росту рослин, способів зрошення, норм зрошення та урожайності культури.

Третій клас моделей – емпіричні моделі регресійного типу залежності прибутковості ведення аграрного бізнесу від затрат ресурсів на виробництво продукції. Дані моделі дозволяють:

- отримувати вищеназвані залежності;
- знаходити оптимальні значення, наприклад, норм зрошення та доз застосування НРК за критерієм прибутковості.

За допомогою даних моделей нами виявлено наступне: застосування додаткових факторів (внесення мінеральних і бактеріальних добрив, хімічних меліорантів, регуляторів росту рослин, збільшення глибини обробітку ґрунту, застосування підвищених норм зрошення тощо) потребує додаткових затрат з розрахунку на одиницю площі, що підтверджує загальносвітову тенденцію. При цьому прибуток від вирощування сільськогосподарських культур на зрошенні зростає до певного оптимуму. Наприклад, за вирощування на зрошуваних землях у Херсонській області пшениці озимої сорту Херсонська безоста (стандарт) максимум прибутку – 7276 грн / га – досягається при застосуванні мінеральних добрив нормою N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> у комплексі з фосфатмобілізуючими бактеріями (ФМБ), тоді як у варіанті без добрив прибуток склав лише 3193 грн / га (рис. 3). Тобто збільшення затрат на мінеральні й бактеріальні добрива окуповується прибавками врожаю й виражається в зниженні собівартості продукції та підвищенні прибутку.

Аналогічний характер залежностей прибутковості виробництва на зрошуваних землях спостерігається й при вирощуванні інших культур.

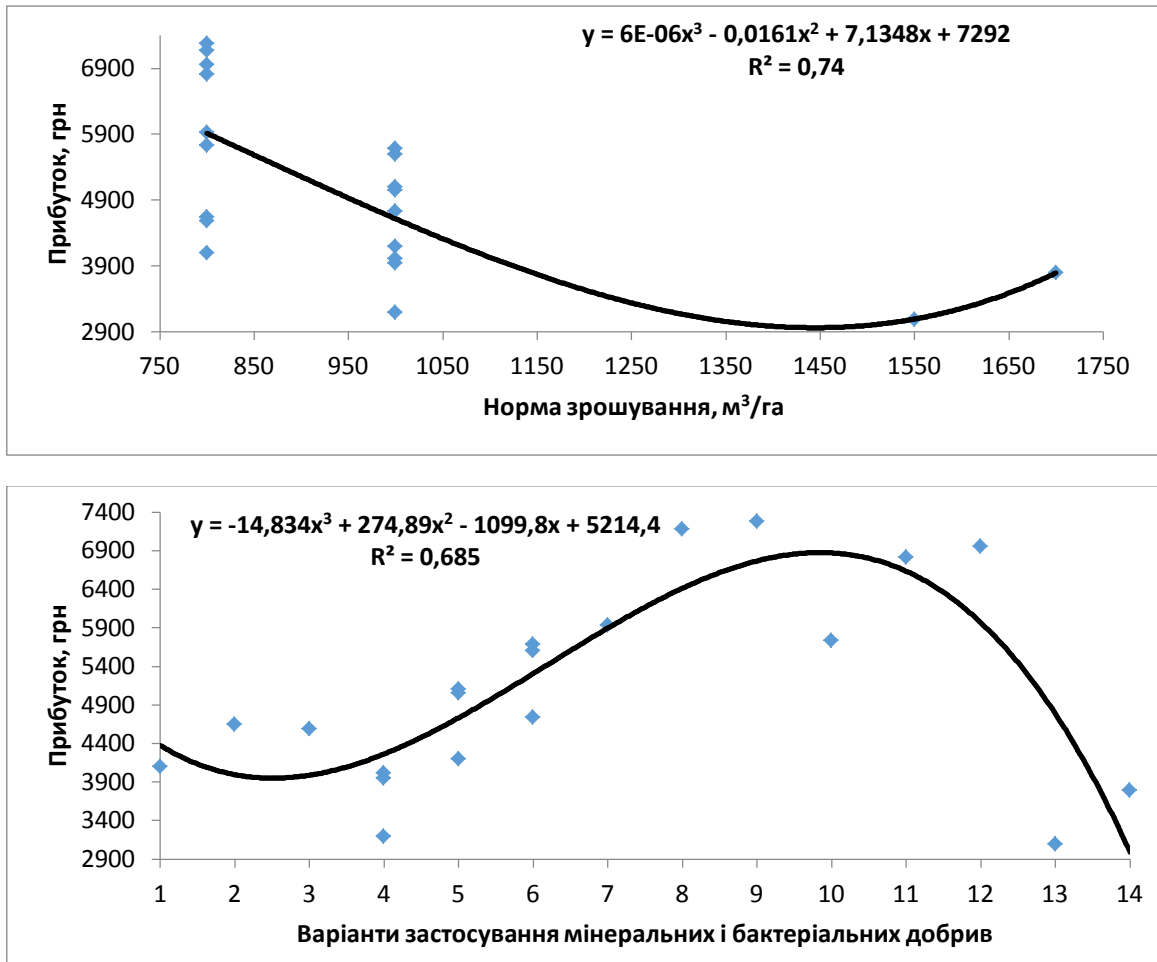


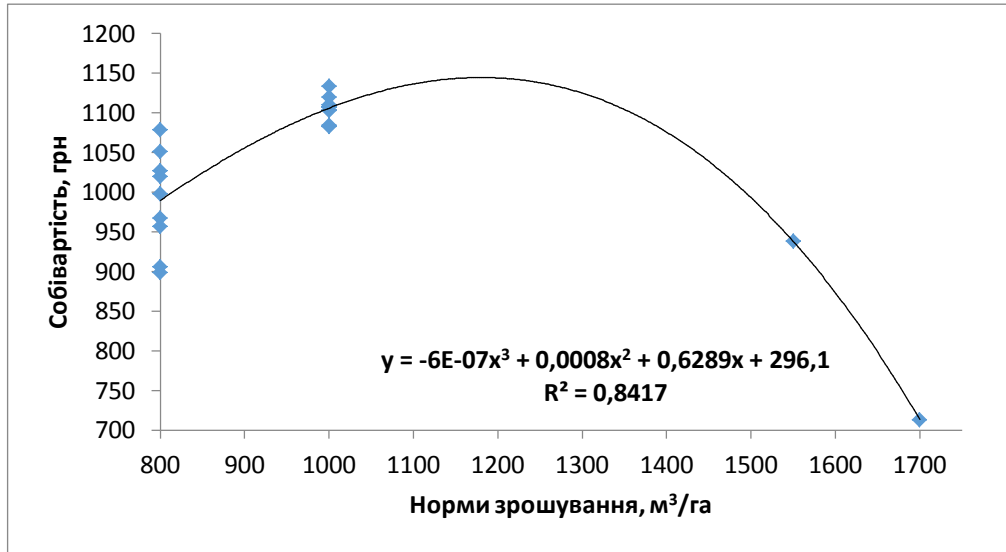
Рис. 3. Залежність прибутку від застосування мінеральних і бактеріальних добрив при вирощуванні пшениці озимої на зрошенні

Примітка:

Варіанти застосування мінеральних і бактеріальних добрив	№№
Без добрив	1
Без добрив + АФБ	2
Без добрив + ФМБ	3
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	4
N <sub>90</sub> P <sub>40</sub>	5
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub>	6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> на фоні заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни	7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> + АФБ	8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> + ФМБ	9
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	10
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> + АФБ	11
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> + ФМБ	12
суперфос (12:24) – 150 кг / га, діаміфоска (10:26:26) – 70 кг / га, КАС-28 – 150 л / га, карбамід – 85 кг / га	13
нітроаміфоска (16:16:16) – 2 ц / га; Гуміфілд 50 г / га; аміачна селітра – 2 ц/га; карбамід – 8 кг / га, сульфат амонію – 5 кг / га	14

Оптимальні значення норм зрошування, доз внесення мінеральних і бактеріальних добрив, хімічних меліорантів, регуляторів росту рослин тощо за різних критеріїв оптимальності різні. Наприклад, якщо для одержання максимального

урожаю пшениці озимої оптимальна норма зрошування складає 1000–1200 м<sup>3</sup> / га, то для забезпечення мінімальної собівартості вона не повинна перевищувати 600–800 м<sup>3</sup> / га (рис. 4).



**Рис. 4. Залежність собівартості зерна від норм зрошування при вирощуванні пшениці озимої**

За допомогою моделей технологій вирощування розраховується потреба в усіх видах матеріальних ресурсів на одиницю площі і продукції.

На підставі розробленого нами комплексу математичних моделей проведено розрахунки оптимальних значень норм зрошування і доз внесення мінеральних добрив при вирощуванні пшениці

озимої в Херсонській області за критеріями урожайності та отримання прибутку з урахуванням екологічних обмежень, а також відповідних їм затрат ПММ, затрат на проведення поливів, застосування добрив, засобів захисту рослин, на електроенергію та затрат сукупної енергії на одиницю площі і продукції (табл.).

**Таблиця – Затрати ресурсів на одиницю площі й продукції при вирощуванні пшениці озимої за оптимальних значень норм зрошування та доз мінеральних добрив**

Критерій оптимальності	Оптимальне значення ресурсу з урахуванням екологічних обмежень	Урожайність, т / га	Затрати ресурсів на 1 га (чисельник) і на 1 центнер продукції (знаменник)								
			насіння, кг	норма зрошування, м³ / га	дози внесення NPK, кг д.р.	засоби захисту рослин, кг	затрати праці, люд. / год	електроенергія, кВт.год	ПММ, кг	затрати сукупної енергії на машини й механізми, МДж	затрати сукупної енергії – всього, МДж
Урожайність	норми зрошування 1200 м³ / га	7,0	<u>200</u> 2,9	<u>1200</u> 17,2	<u>150</u> 2,2	<u>3,0</u> 0,05	<u>37,8</u> 0,5	<u>89,6</u> 1,3	<u>193,0</u> 2,8	<u>6267</u> 89,5	<u>73000</u> 1043
Собівартість	норми зрошування 1000 м³ / га	6,5	<u>200</u> 3,1	<u>1000</u> 15,4	<u>150</u> 2,3	<u>3,0</u> 0,05	<u>36,9</u> 0,6	<u>84,7</u> 1,3	<u>182,5</u> 2,8	<u>6113</u> 94,0	<u>70700</u> 1088
Урожайність	внесення NPK 150 кг д.р. / га	6,4	<u>200</u> 3,1	<u>800</u> 12,5	<u>150</u> 2,4	<u>3,0</u> 0,05	<u>35,7</u> 0,56	<u>77,5</u> 1,2	<u>175,2</u> 2,7	<u>5930</u> 92,7	<u>67850</u> 1060

Запропонована методика й комплекс моделей можуть використовуватися на різних рівнях управління – в масштабах поля, господарства, області. Наприклад, площа зрошеної озимої пшениці в Херсонській області становить 34,3 тис. га. Відпо-

відно для отримання з цієї площі валового збору 240,1 тис. т, за внесення оптимальних норм мінеральних добрив і максимальної врожайності 7,0 т / га, потреба в ресурсах складе: насіння – 6,860 тис. т, добрив – 5,145 тис. т (у діючій речовині

ні), ПММ – 6,620 тис. т, електроенергії – 6399,4 тис. кВт-год, засобів захисту рослин – 102,9 т. При цьому для зрошення необхідно 41160 тис. м<sup>3</sup> води.

Розроблено комплекс графічних і математичних моделей для розрахунку й оптимізації затрат ресурсів при вирощуванні основних сільськогосподарських культур на зрошуваних землях півдня України, який включає моделі залежності отримання прибутку сільськогосподарським підприємством від факторів – елементів технологій вирощування культур.

**Висновки.** Для оптимізації затрат ресурсів при вирощуванні сільськогосподарських культур на зрошуваних землях пропонуємо застосовувати багатокритеріальний підхід, де як критерії оптимальності використовувати господарський; економічний та екологічний.

Ефективність діяльності сільськогосподарських підприємств, які ведуть господарювання на зрошуваних землях, залежить від елементів технологій вирощування культур: сорту (гібриду), густоти стояння рослин, способів і глибини обробітку ґрунту, видів та норм мінеральних, органічних і бактеріальних добрив, хімічних меліорантів, регуляторів росту рослин, способів і норм зрошування та інших.

Кількісні характеристики цих залежностей можна одержати завдяки методу множинно-регресійного аналізу, який дає можливість встановити факт наявності зв'язку між факторами, обчислити щільність зв'язку й виявити вплив факторів на результати. Вираженням зазначених зв'язків є розроблені кореляційно-регресійні моделі.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Науково-теоретичні основи розвитку водогосподарської діяльності на зрошуваних землях : монографія / За ред. д. е. н., професора Л.М. Грановської. Херсон : Айлант, 2017. 142 с.
2. Балюк С.А., Ромащенко М.І. Проблеми зрошення в Україні в контексті зарубіжного досвіду. *Вісник ХДАУ*. 2000. № 1. С. 27–35.
3. Концепція відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України / Я.М. Гадзало, М.І. Ромащенко, Ю.І. Гринь, О.І. Жовтоног, П.І. Коваленко, Р.А. Вожегова та ін. За наук. ред. д. т. н., академіка М.І. Ромащенко. К. : ЦП «Компринт», 2014. 28 с.
4. Наукові основи адаптації систем землеробства до змін клімату в Південному Степу України : монографія / За наук. ред. чл.-кор. НААН Р.А. Вожегової. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 752 с.
5. Гамаюнова В.В., Филипьев И.Д. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в условиях орошения. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 5. С. 15–20.
6. Zhovtonog O., Dirksen W., Roest K. (2003). Comparative Assessment of Irrigation Sector Reform in Central and Eastern European Countries of Transition / GTZ, pp. 19–38.
7. Жуйков Г.Є. Економічні аспекти використання зрошуваних земель у ринкових умовах. *Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* Херсон : Айлант, 2002. Вип. 42. С. 8–13.
8. Писаренко В.А. Зрошення: здобутки, стан, проблеми. *Пролозіція*. 2002. № 7. С. 44–45.

9. Ромащенко М.І., Собко О.О., Савчук Д.П., Кульбіда М.І. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату. Наукова доповідь-інформація. Київ, 2003. 46 с.

10. Трегобчук В.М. Экономико-экологические проблемы гидромелиорации / Отв. ред. А.М. Онищенко. К. : Наукова думка, 1990. 208 с.

11. Меліорація і водне господарство Херсонщини / В.О. Ушкаренко, В.В. Морозов, О.І. Андрієнко та ін.; голов. ред. В.О. Ушкаренко. Вид. 3-є, перероб. і доп. Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. 204 с.

12. Інституціоналізація природно-ресурсних відносин : монографія / За заг. ред. акад. НААН М.А. Хвесика. Київ : ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку», 2012. 400 с.

13. Шатковський А.П. Наукові основи інтенсивних технологій краплинного зрошення просяних культур в умовах Степу України [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : 06.01.02 / Держ. ВНЗ «Херсон. держ. аграр. ун-т». Херсон, 2016. 42 с.

14. Лисак М.А. Угода про асоціацію України з ЄС та стан торгівлі продовольчими товарами. *Економіка АПК*. 2016. № 10. С. 66–72.

15. Захарчук О.В. Аналіз розвитку високопродуктивних сортів і насіння сільськогосподарських культур. *Економіка АПК*. 2016. № 3. С. 57–65.

#### REFERENCES:

1. Hranovska, L.M. (Ed). (2017). *Naukovo-teoretychni osnovy rozvytku vodohospodarskoi diialnosti na zroshuvanykh zemliakh : monographiia [Scientific and theoretical basis of development of water-economic activity on the irrigated lands : monograph]*. Kherson: Ailant [in Ukrainian].
2. Baliuk, S.A. & Romashchenko, M.I. (2000). Problemy zroshennia v Ukraini v konteksti zarubizhnogo dosvidu [Problems of irrigation in Ukraine in the context of foreign experience]. *Visnyk KhDAU – News of KhDAU*, 1, 27–35 [in Ukrainian].
3. Hadzalo, Ya.M., Romashchenko, M.I., Hryn', Yu.I., Zhovtonoh, O.I., Kovalenko, P.I. & Vozhehova, R.A. et al. (2014). *Kontseptsiia vidnovlennia ta rozvytku zroshennia u pivdenному reghionі Ukrainy [Conception of reconstruction and development of irrigation in Ukraine]*. Romashchenko M.I. (Ed). Kyiv: TsP «Komprynt» [in Ukrainian].
4. Vozhehova, R.A. (Ed). (2018). *Naukovi osnovy adaptatsii system zemlerobstva do zmin klimatu v Pivdenному Stepu Ukrainy [Scientific basis of adaptation of agriculture systems to climate changes in the Southern Steppe of Ukraine]*. Kherson: OLDI-PLUS [in Ukrainian].
5. Hamaiunova, V.V. & Filipiev, I.D. (1997). Opredelenie dos udobrenii pod selskokhoziaistvennye kultury v usloviiakh orosheniia [Definition of fertilizers dozes under agricultural crops in conditions of irrigation]. *Visnyk agrarnoi nauky – News of Agrarian Sciences*, 5, 15–20 [in Russian].
6. Zhovtonog, O., Dirksen, W. & Roest, K. (2003). Comparative Assessment of Irrigation Sector Reform in Central and Eastern European Countries of Transition / GTZ, pp. 19–38.
7. Zhuikov, H.Ye. (2002). Ekonomichni aspekty vykorystannia zroshuvanykh zemel u rynkovykh umovakh [Economic aspects use of irrigated lands in the



market conditions]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigation Agriculture*. Kherson: Ailant, 42, 8–13 [in Ukrainian].

8. Pysarenko, V.A. (2002). Zroshennia: zdobutky, stan, problemy [Irrigation: attainments, state, problems]. *Propozytsiia – Propozition*, 7, 44–45 [in Ukrainian].

9. Romashchenko, M.I., Sobko, O.O., Savchuk, D.P. & Kulbida, M.I. (2003). *Pro deiaki zavdania ahranoi nauky u zviazku zi zminamy klimatu. Naukova dopovid-informatsiia [About some assignments of agrarian science tie with climate changes. Scientific report-information]*. Kyiv [in Ukrainian].

10. Trehobchuk, V.M. (1990). *Economic and ecological problems of hydro melioration*. A. M. Onyshchenko (Resp. ed). Moscow: Naukova dumka [in Russian].

11. Ushkarenko, V.O., Morozov, V.V. Andriienko, O.I. (2006). *Melioratsiia i vodne hospodarstvo [Melioration and water economy]*. V.O. Ushkarenko (Ch. ed.). (Pub. 3-d, worked & enlarged). Kherson : KhSU [in Ukrainian].

12. Khvesyuk, M.A. (Ed). (2012). *Instytualizatsiia pryrodno-resursnykh vidnosyn : monohrafiia [Institutionalization of nature-resources relations : monograph]*. Kyiv: DU «Instytut ekonomiky pryrodokorystuvannia ta staloho rozvytku» [in Ukrainian].

13. Shatkovskiy, A.P. (2016). Naukovi osnovy intensyvnykh tekhnolohii kraplynnoho zroshennia prosapnykh kultur v umovakh Stepu Ukrainy [Scientific basis of intensive technologies of drip irrigation of cultivated crops in conditions of the Steppe of Ukraine]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kherson [in Ukrainian].

14. Lysak, M.A. (2016). Uhoda pro asotsiatsiiu Ukrainy z YeS ta stan torhivli prodovolchymy tovaramy [Agreement about association of Ukraine with EU and state of trade by foodstuffs]. *Ekonomika APK – Economics of AIC*, 10, 66–72 [in Ukrainian].

15. Zakharchuk, O.V. (2016). Analiz rozvytku vysokoproduktyvnykh sortiv i nasinnia silskohospodarskykh kultur [Analyze of development of high-productive varieties and seed of agricultural crops]. *Ekonomika APK – Economics of AIC*, 3, 57–65 [in Ukrainian].

УДК 633.34:631.672:631.587:633.18 (477)

DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.11>

## ВПЛИВ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ НА СОЛЬОВИЙ БАЛАНС ҐРУНТУ В РИСОВИХ СІВОЗМІНАХ

**ДУДЧЕНКО К.В.** – кандидат сільськогосподарських наук  
<https://orcid.org/0000-0001-5567-7690>

**ПЕТРЕНКО Т.М.** – молодший науковий співробітник  
<https://orcid.org/0000-0002-5096-5973>

**ДАЦЮК М.М.** – молодший науковий співробітник  
<https://orcid.org/0000-0002-4128-3997>

**ФЛІНТА О.І.** – молодший науковий співробітник  
<https://orcid.org/0000-0003-4181-3836>

Інститут рису Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Соя – універсальна зернобобова і олійна культура, яку використовують для продовольчих, кормових і технічних цілей. Вирощування і виробництво продукції сої є надзвичайно важливим чинником у контексті: 1) створення ефективних механізмів підвищення родючості ґрунтів на основі акумуляції атмосферного азоту та накопичення органічної речовини з метою посилення процесів гуміфікації; 2) забезпечення якісної кормової бази з метою поліпшення конверсії високобілкових кормів у продукцію рослинництва.

Тому, нині за технологічної модернізації землеробства і зміни клімату важливо визначити інноваційні орієнтири в питаннях землекористування, структурі посівних площ, застосуванні добрив. Аналіз свідчить, що на зону Степу України в 2015 р. припадало 14,8% посівних площ сої. Включення до сівозміни зернобобових культур і використання в системі удобрення біорешток добре впливає на збереження родючості ґрунту. Соя, як зернобобова культура, збагачує верхню частину кореневмісного шару ґрунту добре за-

своєними формами азоту, що робить її одним з найкращих попередників.

Основною проблемою вирощування сої в умовах півдня України є гостра нестача вологи, яка в окремі роки може призвести до значних втрат урожаю. При вирощуванні сої в рисових сівозмінах є можливість поливу напуском.

Детальне дослідження сольового режиму рисових сівозмін за вирощування різних сільськогосподарських культур має важливе значення для загального контролю меліоративного стану земель і попередження процесів вторинного засолення ґрунтів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Культура рису вимагає підтримання на полі шару води впродовж 3–4 місяців, що створює специфічний водно-сольовий режим ґрунту. Вирощування рису призводить до розсолення ґрунту, а супутні сільськогосподарських культур, навпаки, до збільшення вмісту легкорозчинних солей (Д.Г. Шапошников, В.В. Морозов, Л.М. Грановська, В.Г. Корнбергер, О.О. Тітков, С.О. Кольцов, А.М. Рокочинський, С.М. Кропивко та інші) [1; 3; 4].