

УДК 633. 15:631.5

JEL Classification: C49; R15; O13

DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202102015>

*Д. М. ЖЕРЛИЦИН, доктор економічних наук, професор
А. В. СКРИПНИК, доктор економічних наук
Н. А. КЛИМЕНКО, К. Л. ТУЖИК, кандидати економічних наук*

Урожайність або прибуток: альтернативи розвитку національного рослинництва

Мета статті - визначити за допомогою економетричних і оптимізаційних методів пріоритетні стратегії аграрного бізнесу в галузі рослинництва та порівняти з існуючими у країн-лідерів у використанні інновацій у галузі рослинництва.

Методика дослідження. Дослідження ґрунтується на використанні методів економетричного аналізу для побудови трендів (тенденцій) в динаміці урожайності зернових у країнах-лідерах у використанні аграрних інноваційних технологій.

Результати дослідження. За використання спадної маргінальної урожайності зернових залежно від обсягу витрат, які визначаються вартістю імпорту технологій з розрахунку на 1 га, отримано оптимальні величини витрат як для максимальної врожайності, так і для максимального прибутку. Доведено, що на окремих часових інтервалах витрати аграріїв надмірно завищені не тільки відносно оптимізації прибутку, а й для оптимізації врожайності.

Елементи наукової новизни. В результаті економетричного аналізу визначено, що використання як цільової функції максимізації врожайності приводить до суттєвого зростання варіативності цього показника, тоді як помірне зростання урожайності супроводжується суттєво меншою варіативністю.

Практична значущість. Показано, що представлення маргінальної урожайності у вигляді спадної лінійної функції підтверджується на практиці. Подальші дослідження при наявності детальної інформації за виробничими процесами в окремих аграрних підприємствах можуть бути проведені методами панельної регресії. Табл.: 4. Рис.: 3. Бібліогр.: 19.

Ключові слова: маргінальна урожайність; тренд; імпорт технологій, варіативність, оптимізація прибутку; погодні ризики.

Жерліцин Дмитро Михайлович - доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15)
E-mail: dzherlitsyn@nubip.edu.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-2331-8690>

Скрипник Андрій Васильович - доктор економічних наук, професор кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15)
E-mail: avskripnik@ukr.net

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-2957-1355>

Клименко Наталія Анатоліївна - кандидатка економічних наук, доцентка кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15)
E-mail: nklimenko@nubip.edu.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0003-0693-865X>

Тужик Катерина Леонідівна - кандидатка економічних наук, доцентка кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15)
E-mail: kateryna_t@nubip.edu.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0001-7057-3400>

Постановка проблеми. Нестабільність, притаманна українській економіці, що пов'язана з багатьма причинами, донедавна

була і характерною рисою національного аграрного сектору. За останні роки на фоні кризових явищ української економіки він вже не виглядає надзвичайно ризиковою галуззю. Вважалося, що аграрному сектору властива значна кількість ризиків, з яких

© Д. М. Жерліцин, А. В. Скрипник,
Н. А. Клименко, К. Л. Тужик, 2021

найвпливовіші погодний та кліматичний. Так, у колишньому СРСР, незважаючи на велику географічну диверсифікацію регіонів вирощування зернових, виникали ситуації, коли доводилося імпортувати десятки мільйонів тонн пшениці [10]. Відставання від розвинутих, характерне для всіх галузей планової економіки, мало значний ступінь неоднорідності: найменший у військово-промисловому комплексі та найбільший у сільському господарстві й легкій промисловості. Стратегія пріоритетного розвитку одних галузей економіки за рахунок занепаду інших застосовувалася на всьому історичному інтервалі існування колишнього Радянського Союзу. Саме з тих часів між розвиненими країнами та колишнім СРСР збільшувався розрив у розвитку сільськогосподарських технологій. У перші роки незалежності України аграрний сектор зберіг головні риси планової економіки, з її надзвичайно низькою ефективністю, надмірним використанням фізичної праці. Це, на наш погляд, зумовлювалося відсутністю інформаційного забезпечення щодо основних напрямів впровадження інновацій в аграрний бізнес, відсутністю сучасного технічного забезпечення та коштів для впровадження цих інновацій [16].

Якщо в перші роки незалежності головним було забезпечення продовольством власного населення (вирішення питань продовольчої безпеки) і вирішувалося воно шляхом квотування аграрного експорту, або впровадження митних тарифів, то поступово, за зростання обсягів виробництва та зменшення варіативності цього показника потреба в таких важелях державного регулювання зникла [11]. Варто зауважити, що перші кроки постсоціалістичного аграрного сектору відбулися при використанні технічних засобів і технологій, які залишилися з часів планової економіки. Тобто тільки переходу на ринкові методи менеджменту виявилось достатнім для забезпечення прибутковості галузі рослинництва. Успішності переходу сприяла і втрата до середини 90-х років урядом України, через надзвичайно важкий економічний стан можливості підтримувати колективні господарства. Це призвело до прискорення їх колапсу та появи нових ініціативних підприємств аграрної сфери [16]. Наслідком цих подій стало поступове накопичення у сформованих видах аграрного бізнесу фінансових ресурсів для

придбання новітніх аграрних технологій. Цей процес розпочався орієнтовно з 2000 р., що відомий як перший рік зростання української економіки. З цього часу, поряд зі зростанням українського аграрного експорту, відбувалося й зростання аграрного імпорту, що забезпечувало впровадження інновацій в український аграрний сектор. Оскільки для України традиційно характерний надзвичайно високий ступінь розораності [11], то зростання обсягів аграрного виробництва як у грошовому виразі, так і фізичному обсязі може відбуватися тільки за рахунок підвищення урожайності або переорієнтації на культивування інших культур. На цей час вже відомо дані відносно шляхів розвитку аграрного виробництва у високорозвинених країнах світу [5, 6]. Це насамперед шлях використання інноваційних технологій, спрямованих на підвищення урожайності та нарощування прибутковості аграрного бізнесу. Останнім часом країни світу вже повною мірою відчувають реальність впливу кліматичних змін, що веде до змін ареалу поширення окремих культур та необхідності вибору засухоустійких сортів і технологій. Такі зміни відбулися і на території України [11, 15].

Протягом останніх років показник урожайності зернових в Україні неухильно зростає і вже перевищує врожайність зерна в США. Слід зазначити, що такий шлях розвитку має швидше інтенсивний, ніж екстенсивний характер. Звідси постає питання - наскільки економічно обґрунтований шлях, яким розвивається значна частина українського аграрного бізнесу. Крім усередненого показника урожайності іншим важливим індикатором слугує його варіативність, яка може вимірюватись як відхилення від трендових або середніх значень. Надмірна варіативність урожайності була головною причиною ризиків продовольчої безпеки як у роки планової економіки, так і в перші десятиріччя переходу до ринкових відносин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні більшість дослідників виступають прихильниками теорії інтенсивного ведення сільського господарства (Angelsen A., Kaimowitz D. (2001) [1]; Behnke G. D., Zuber S. M., Pittelkow C. M., Nafziger E. D., Villamil M. B. (2018) [2]. Це базується на припущенні отримання більшого обсягу виробництва з меншою кількістю витрачених ресурсів, що найчастіше

тракується як підвищення врожайності на один гектар (Börjeson L. (2007) [3]. Зазвичай в основі аграрних систем знаходиться застосування різноманітних методів обробітку з дотриманням сівозмін, із теперішнім залученням генно-модифікованих сортів пшениці, рису та кукурудзи за використання мінеральних добрив, засобів захисту рослин, сільськогосподарських машин та зрошувальних систем (Pretty J., Bharucha Z. P. (2014) [9]. У середині ХХ ст. прихильники інтенсивного ведення господарства, серед яких Р. Л. Pingali (2012) [8], вказують на «диво» «зеленої революції» в Латинській Америці і Азії, коли вперше використання високопродуктивних сортів насіння, добрив, пестицидів призвело до подвоєння врожаїв рису, пшениці та кукурудзи. Позитивний вплив інтенсифікації аграрного бізнесу на подолання голоду став вражаючим, зменшення населення, що відчували недоїдання, вимірювалося у мільярдах людей, а також стало беззаперечним економічне зростання сільського господарства [9].

Нині модель інтенсифікації ведення сільського господарства домінуюча у світі. За даними FAO, протягом останніх років у країнах, що розвиваються, фермери інвестують орієнтовно 153 млрд USD щорічно в розвиток сільського господарства, майже досягаючи показника розвинених країн \$156 млрд. Використання пестицидів є головною основою інтенсифікації сільського господарства, що підтверджено рядом дослідників [7]. Із 1960 р. середні світові врожаї рису, пшениці та кукурудзи зросли у понад 2 рази, за збільшення використання пестицидів у 15-20 разів, мінеральних добрив і систем зрошування землі - відповідно у 7 та 2 рази [7]. У США дійшли висновку, що збільшення норм висіву підвищує конкуренцію бур'янів і рослин, обмеженість добрив зменшує доступність поживних речовин до проростання бур'янів. Тому місцеві фермери перейшли на дотримання сівозмін, no-till обробітку, що дозволяє одержувати оптимальні врожаї зернових, збагачувати ґрунти мінеральними речовинами та оптимізувати витрати й збільшувати прибутки. Наприклад, визначено, що при застосуванні сівозміни кукурудза та соя підвищують урожайність і необхідність внесення мінеральних добрив зменшується,

що зменшує витрати та знижує викиди CO₂ [2].

Оскільки питання впровадження інновацій надзвичайно актуальні для стабільного розвитку аграрного виробництва України, це зумовило необхідність обговорення в роботах Н. М. Буняк, І. М. Данилко [13] та О. В. Захарчука [14], де розглядалося просування сортів культур іноземної селекції та залежність впровадження цих сортів від розміру землекористування. Обговорюються питання збільшення врожаю зерна внаслідок зростання собівартості виробництва у дослідженнях В. Я. Месель-Веселяка [17]. Вибір альтернативних стратегій максимізації урожайності або максимізації прибутку за даними аграрних підприємств Харківської області запропоновано в роботі О. В. Олійника, В. В. Макогона та С. В. Брік [18]. Однак унаслідок здійснення розрахунків у номінальному вимірі національної грошової одиниці під час значних показників інфляції, ефект якої не було знівельовано за рахунок переходу до реальних цін, результати роботи показали дуже високу рентабельність і нестійкість в оцінці оптимальних витрат.

Мета статті - визначити за допомогою економетричних і оптимізаційних методів пріоритетні стратегії аграрного бізнесу в галузі рослинництва та порівняти з існуючими у країн-лідерів у використанні інновацій в галузі рослинництва.

Виклад основних результатів дослідження. За показники країн-лідерів у використанні інновацій у галузі рослинництва обрано дані за усередненими в національному масштабі розрахунками урожайностей з 1960-го по 2019 р. у США та Німеччині. Динаміка цих процесів наполегливо свідчить про існування суттєвих відмінностей в стратегіях, що переважають у згаданих країнах. Оскільки в США та Німеччині наявні стабільні тенденції зростання врожайності, тому ці динаміки можуть бути представлені у вигляді лінійного тренду:

$$y(t) = \beta_0 + \beta_1(t - 1960) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

де t - час у роках; β_0 - очікувана врожайність, ц/га в країні у 1960 р.; β_1 - середньорічний приріст урожайності з одного гектара в країні; $\varepsilon(t)$ - похибка моделі (рис. 1).

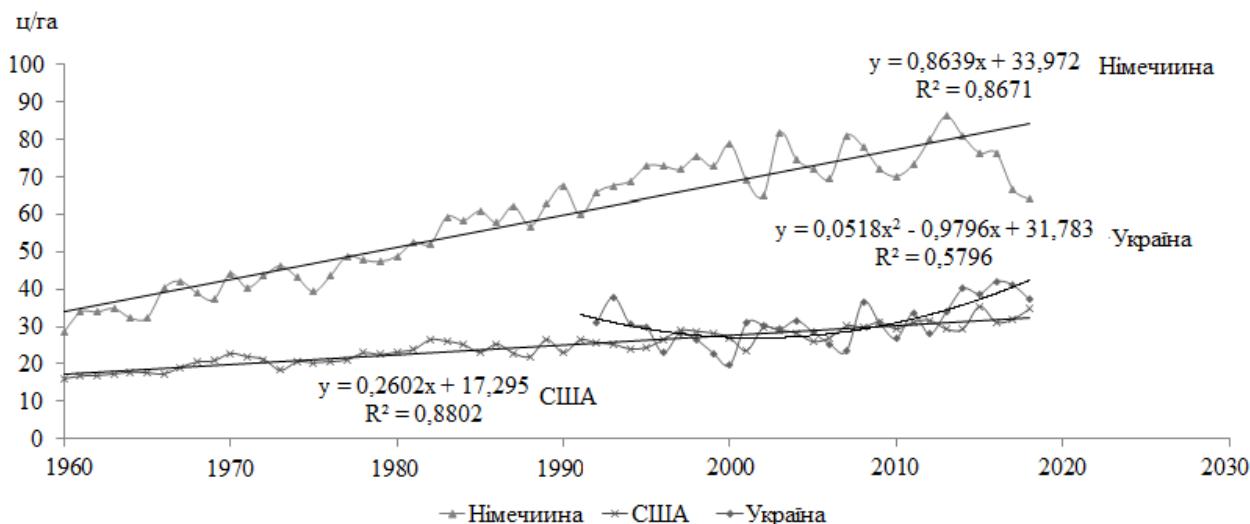


Рис. 1. Динаміка урожайності озимої пшениці в Німеччині, США і Україні та характеристики

Джерело: Власні розрахунки на підставі даних [5, 6].

Стосовно України, то дані урожайності відомо тільки на часовому інтервалі незалежності. Перехід до ринкових умов супроводжувався певним спадом економіки, що спостерігалось і в аграрному секторі, де відбувся перехід від директивної та централізованої форми господарювання до переважання ринкових відносин на підставі приватної власності. Тому лінійне зростання, як у динаміці Німеччини та США, змінюється на параболічну залежність від часу:

$$y(t) = \beta_0 + \beta_1(t - 1991) + \beta_2(t - 1991)^2 + \varepsilon(t). \quad (2)$$

Як свідчать наведені дані, моделі лінійного тренду достатньо адекватно описують зростання урожайностей як у США, так і в Німеччині (табл. 1). Усі коефіцієнти значимі,

що дозволяє зробити деякі висновки: очікуване початкове значення урожайності, що відноситься до 1960 р., у Німеччині - 34 ц/га, вдвічі більше ніж у США - 17 ц/га. Крім того, щорічне середнє зростання урожайності в Німеччині - 0,86 ц/га, більше ніж утричі перевищує аналогічний показник США - 0,26 ц/га.

Відповідно до загальноекономічного співвідношення між прибутковістю і ризиком (модель CAPM) підвищення урожайності супроводжується і зростанням ризиків, за показник якого можна використати стандартну помилку моделі, яке більше ніж утричі в Німеччині перевищує показник США.

1. Параметри моделей динаміки урожайностей в США, Німеччині та Україні

Урожайність зернових, ц/га	Адекватність моделі		Регресійні коефіцієнти			Тест значимості		
	Коефіцієнт детермінації (R2)	Стандартна помилка	β_0	β_1	β_2	t_0	t_1	t_2
Німеччина 1961-2019	0,91	5,9	33,1	0,86	-	21,4	19,3	
США 1961-2019	0,87	1,7	17,0	0,26	-	38,8	20,5	
Україна 1992-2019	0,57	4,0	34,0	-1,4	0,06	13	3	4

Джерело: Власні розрахунки на підставі даних [5, 6].

Однак настільки велика різниця може також пояснюватися географічною диверсифікацією внаслідок більшого ареалу поширення пшениці в США. Якщо аналізувати ситуацію в Україні, то початковий період переходу до ринкових відносин супроводжувався спадом урожайності, що дозволяє оцінити цей інтервал представлена модель - $\hat{y}(x)$:

$$\hat{y} = 0,0518x^2 - 0,976x + 31,73 \quad x = 0 \Rightarrow t = 1991. \quad (3)$$

Для цього достатньо знайти точку екстремуму (мінімуму):

$$\hat{y}' = 2 \cdot 0,0518x - 0,976 = 0 \Rightarrow x = \frac{0,976}{0,104} \approx 9 \Rightarrow t = 1991 + 9 = 2000 \text{ рік.}$$

Тобто зростання показника урожайності розпочалося з 2000 р., а до 2020 р. ($x=29$) очікуване щорічне зростання урожайності в

Україні досягло 1 ц/га. Звичайно, що представлена модель (3) для України не може бути використана для прогнозування маргінальної урожайності (приросту), оскільки вона має вельми обмежене застосування для аналізу на інтервалі інтенсивних трансформаційних процесів в аграрному секторі України.

Розглянемо загальну модель прибутковості аграрного бізнесу в галузі рослинництва. Вважаємо, що ціни на кінцеву продукцію - p та складові виробничого процесу (добрива, гербіциди, пестициди), що задаються n -компонентними векторами $\bar{x}(x_1; x_2; \dots; x_n)$, $\bar{w}(w_1; w_2; \dots; w_n)$ вважаються відомими сталими величинами. Прибуток залежить від стану ґрунтів, що задається k -компонентним вектором $\bar{s}(s_1; s_2; \dots; s_k)$. У результаті виробничого процесу отримано прибуток - Pr , на який крім стану ґрунтів та виробничих факторів впливають випадкові фактори, що визначаються погодними та кліматичними умовами $Rnd(R_1; R_2; \dots; R_l)$:

$$Pr(\bar{s}; \bar{x}; Rnd) = p \cdot y(\bar{s}; \bar{x}; Rnd) - \bar{w} \cdot \bar{x}, \quad (4)$$

де p - ціна одиниці продукції; y - урожайність з 1 га, яка залежить від стану ґрунтів, внесення добрив і пестицидів та впливу погодних умов. Вважаємо, що єдиний механізм впливу на прибуток це варіативність внесення пестицидів і добрив. Тоді умова зростання прибутку - перевищення маргінальної врожайності окремої компоненти виробничого процесу x_i та відношення ціни цієї компоненти до ціни продукції:

$$\frac{\partial y}{\partial x_i} > \frac{w_i}{p}. \quad (5)$$

Нелінійний вплив на врожайність окремих компонент виробничого процесу з урахуванням їх взаємодії та спадної маргінальної корисності окремих складових може бути представлено у вигляді:

$$y = \beta_0(\bar{s}) + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_i x_j + \gamma \cdot \overline{Rnd} + \varepsilon(\alpha_{ii} < 0; i=1,2,\dots,n). \quad (6)$$

Коефіцієнти рівняння (5) можна оцінити протягом тривалого періоду за наявності даних про виробничі витрати в окремих господарствах, використовуючи метод панельної регресії. Наступним кроком може стати оптимізаційне рішення для максимізації прибутку (3) або максимізації врожайності (5). Варто зауважити, що існують коливання цін на продовольчому ринку зерна та цін

виробничих ресурсів, які суттєво впливають на прийняття рішень щодо стратегії розвитку окремого господарства. Тому для спрощення ціни на продукцію та виробничі витрати вважаються сталими.

Найпростіша функція для урожайності, що відповідає спадній маргінальній корисності окремих компонент виробничого процесу [4]:

$$y = \beta_0 + \beta x + \alpha x^2 (\beta_0 > 0; \beta > 0; \alpha < 0). \quad (7)$$

Тоді прибуток можна навести у вигляді:

$$Pr = p(\beta_0 + \beta x + \alpha x^2) - \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i (\beta_0 > 0; \beta > 0; \alpha < 0). \quad (8)$$

У цьому випадку існує оптимальне рішення для компонентів виробничого процесу, що максимізують прибуток (3):

$$x_i^* = (w_i / p - \beta_i) / 2\alpha_i (\beta_i > 0; \alpha_i < 0; i=1,2,\dots,n). \quad (9)$$

Якщо розглядати внесення добрив - x_1 як основний виробничий фактор, то максимум урожайності досягається за обсягу x_1^* :

$$x_1^* = -\beta / 2\alpha (\beta > 0; \alpha < 0). \quad (10)$$

Не складно довести, що максимізація прибутку (8) досягається при менших обсягах внесення добрив, ніж максимізація урожайності ($x_1^* > x_i^*$).

Для побудови економетричних моделей [4] з урахуванням нелінійних та лагових моделей (з урахуванням ефекту внесення добрив або гербіцидів за попередні роки) недостатньо інформації як на рівні окремих підприємств, так і на регіональному рівні. Однак існує інформація відносно обсягів та вартості імпорту вхідних компонент для вирощування сільськогосподарських культур, що представлено ФАО на часовому інтервалі з 1992-го по 2018 р. [5, 6]. Обсяги поставок аграрного виробничого імпорту змінюються щороку, також як і посівні площі під зернові. Тому зроблено припущення, що фактором, який визначає урожайність - y , слугує обсяг аграрного виробничого імпорту - x на одиницю площі (1 га). Тоді залежність усередненого показника врожайності пшениці від обсягів імпорту на вхідних компонент 1 га, дол. США, виглядає:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_i + \varepsilon_i; i=1,2,\dots,27. \quad (11)$$

Діаграма розсіювання та лінійна залежність величини урожайності зернових від вартості вхідних компонент за 1992-2018 рр. показує стабільне зростання урожайності при зростанні вартості компонент виробничого процесу з розрахунку на 1 га (рис. 2).

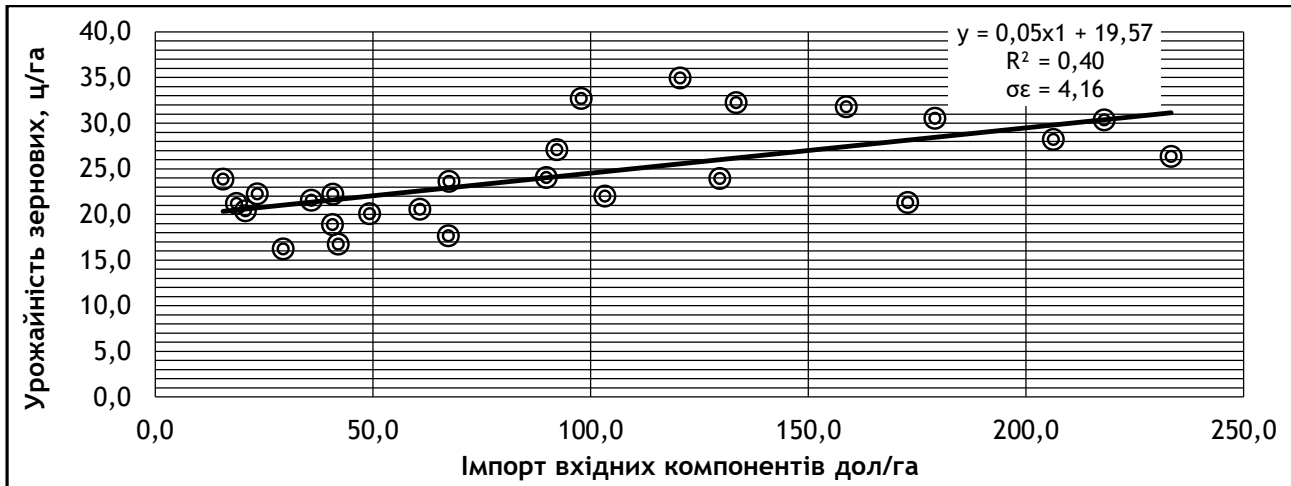


Рис. 2. Діаграма розсіювання та лінійна залежність величини урожайності зернових від вартості вхідних компонентів, 1992-2018 рр.

Джерело: Власні розрахунки.

Рівень значимості регресійного коефіцієнта β_0 дозволяє трактувати його як природну урожайність (за умовою нульового рівня внесення добрив та гербіцидів), а коефіцієнт β_1 - про впевнене відхилення нульової гіпотези щодо нульового впливу вартості виробничих параметрів на урожайність (табл. 2).

Однак параметри адекватності моделі свідчать про суттєвий вплив інших факторів: лише 40% дисперсії урожайності визначається за рахунок мінливості виробничих витрат, а похибка моделі σ_ε достатньо велика і становить 4,2 ц/га. Тому зробимо припущення, що значний вплив виявляють погодні або кліматичні фактори.

Вважаємо всі відхилення за межі $\hat{y} \pm \sigma_\varepsilon$, зумовленими сприятливими або несприятливими погодними умовами (\hat{y} - значення, що отримано за допомогою моделі 1) (табл. 2). Звідси визначимо погодний ефект

впливу на урожайність за допомогою додаткового входу у вигляді модифікованої уявної змінної:

$$x_2 = \begin{cases} -1 & y < \hat{y} - \sigma_\varepsilon \\ 0 & \hat{y} - \sigma_\varepsilon \leq y \leq \hat{y} + \sigma_\varepsilon \\ 1 & y > \hat{y} + \sigma_\varepsilon \end{cases} \quad (12)$$

У результаті отримано двопараметричну лінійну регресійну залежність з набагато точнішими показниками адекватності (табл. 2). На підставі проведених розрахунків можна зробити висновок, що 40% дисперсії урожайності визначається варіативністю вартості виробничих факторів, тоді як 48% - варіативністю погодних та кліматичних умов. При сприятливих погодних умовах урожайність зростає на 6 ц з 1 га, за несприятливих - зменшується на таку ж величину, при цьому оцінки регресійних коефіцієнтів β_0, β_1 практично ні змінюються.

2. Залежність урожайності зернових від виробничих факторів та погодних умов

Модель	Коефіцієнт детермінації	t_0	t_1	t_2	F	Похибка
$\hat{y}_1 = 19,57 + 0,05x_1$	0,40	13,69	3,98		15,84	4,16
$\hat{y}_2 = 20,12 + 0,05x_1 + 6,12x_2$	0,88	31,27	8,27	9,81	87,52	1,87

Джерело: Власні розрахунки.

Розглянуто практично орієнтований випадок зменшення граничної корисності фактора витрат сільськогосподарського виробництва. У цьому випадку використовуються нелінійні моделі урожайності та прибутку (6, 7), що мають різні оптимізаційні рішення (табл. 3). Причому відомо, що максимізація прибутку досягається при менших виробничих витратах, ніж максимізація урожайності.

Як показано, припущення про спадну маргінальну залежність урожайності від вартості виробничих факторів підтвердилося (від'ємне значення регресійного коефіцієнта при квадратичному члену). Це дозволяє оцінити оптимальні витрати як для отримання максимальної урожайності, так і отримання максимального прибутку.

3. Нелінійні моделі залежності врожайності зерна від вартості окремих ресурсів за річними даними за 1992-2017 рр.

Модель	Коефіцієнт детермінації	t ₀	t ₁	t ₂	F	Похибка
$y = 19,71 + 0,14x_1 - 0,0005 x_1^2$	0,43	12,67	2,07	-1,17	8,26	4,04
$y = 19,26 + 0,35x_2 - 0,003 x_2^2$	0,60	17,76	2,25	-1,26	14,71	2,90
$y = 18,43 + 0,35x_3 - 0,002 x_3^2$	0,52	10,70	2,55	-1,82	11,79	3,72

Примітка. y – урожай зернових, ц/га; x_1 – загальна вартість імпорту виробничих факторів, дол. США/га.

x_2 – вартість імпорту добрив, дол. США/га; x_3 – вартість імпорту засобів захисту рослин, дол. США/га.

Джерело: Власні розрахунки.

Розрахунок витрат базується на максимальній врожайності або максимальному (оптимальному) прибутку (табл. 4).

Значення витрат на 1 га, за яких досягається максимум урожайності (оптимальні витрати), позначимо x_1^* , максимум прибутковості – x_2^* . Урожайність у випадку максимізації урожайності – y_1^* , у випадку максимізації прибутку – y_2^* .

аналогічним шляхом прибуток у випадку максимізації урожайності – Pr_1^* , у випадку максимізації прибутку – Pr_2^* . Як грошову одиницю використано долар США 2018 р. [12]. Середня ціна за 1 ц зернових у 2018 р. становила 21 USD.

4. Витрати, врожайність і прибуток при різних значеннях цільових функцій

Модель	Оптимальні витрати на 1 га - x_1^*/x_2^* , USD/га	Урожайність y_1^*/y_2^* , ц/га	Прибуток Pr_1^*/Pr_2^* , €
$y_2 = 19,71 + 0,14x_1 - 0,0005 x_1^2$	140,0 / 82,7	29,5 / 27,9	374,8 / 403,5
$y_2 = 19,26 + 0,35x_2 - 0,003 x_2^2$	58,3 / 48,8	29,5 / 29,2	455,8 / 460,5
$y_2 = 18,43 + 0,35x_3 - 0,002 x_3^2$	87,5 / 73,2	33,7 / 33,3	501,2 / 580,3

Джерело: Власні розрахунки.

Як і очікувалося, максимальна урожайність досягається за рахунок вищих витрат відносно таких, що потрібно для максимізації прибутку. Так, якщо розглянути загальні витрати на придбання компонент виробничого процесу, то максимум урожайності досягається при 140 USD 2018, тоді як максимум прибутку при 83 USD 2018 (рис. 3). Ана-

логічні результати отримано і при компонентному аналізу (див. табл. 4). Якщо інші витрати (заробітна плата, амортизація обладнання, транспортні витрати тощо) додаються до вартості добрив і засобів хімізації, то величина рентабельності буде значно більшою у випадку максимізації прибутку, а не максимізації урожайності.

USD 2018

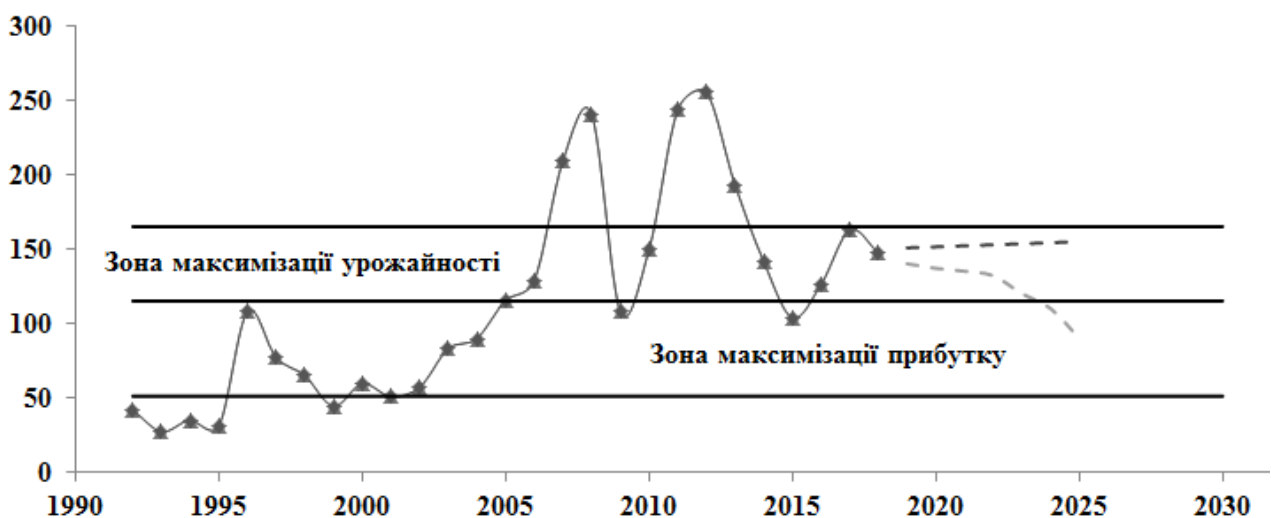


Рис. 3. Зони максимізації прибутку або врожайності відповідно до витрат на імпорт технологій для культивування зернових

Джерело: Власні розрахунки.

Враховуючи існування похибки при оцінках регресійних коефіцієнтів та оцінки оптимальних витрат в обох випадках, їх отримано з похибками. Тому вище на рисунку наведено довірчі інтервали витрат, що призводять до максимальної урожайності та прибутку.

Зважаючи на основні тенденції розвитку сучасного землеробства, які супроводжуються зменшенням використання добрив і засобів захисту рослин, час надмірної інтенсифікації, за якого значна частина витрат спочатку припадала на ріст і розвиток бур'янів, а потім, ще більше, на їх знищення, закінчується. Швидше за все, траєкторія витрат повинна зміститися.

Варто зауважити, що оптимізація прибутку (7) з рівнянням для урожайності (6) не коректна в такому вигляді, тобто коректнішим було б використання урожайності у вигляді (5) з урахуванням впливу погодних умов та можливості взаємодії окремих компонент виробничого процесу. Однак невелика тривалість часових рядів не дозволяє провести економетричний аналіз цього дослідження. Якщо підвести підсумки роботи, то основний результат досліджень, наведений за даними аграрних підприємств Харківської області, в цілому підтвердився по всій країні.

Висновки. Аналіз динаміки урожайності за останні 60 років показав наявність стабільного зростання в обох країнах, які обрані для порівняння. Однак щорічний приріст урожайності в Німеччині набагато значніший, ніж у США, що свідчить про існування різниці домінантних стратегій землекорис-

тування цих країн. Наслідком вищого показника урожайності в Німеччині є і суттєва його варіативність.

На наш погляд, аграрний сектор економіки України ще знаходиться у стадії трансформації, характерною рисою якої виступає перехід до зростання показника урожайності, що можливе за нарощування обсягу імпорту аграрних технологій на 1 га посівів. На цей час розвиток галузі рослинництва за середньорічними темпами зростання урожайності наближається до показника Німеччини. При цьому рівень витрат на 1 га вже перевищує оптимальний за умовою максимізації прибутку, тому швидше за все домінуватиме тенденція до зменшення виробничих витрат. У свою чергу це призводить до зменшення негативного впливу на довкілля і стабілізації показника урожайності.

У цілому аграрний виробничий імпорт стабілізується в зоні максимізації прибутку від 60 до 125 USD. Проте деяка менша частка виробників підтримуватиме стратегію максимальної урожайності з розміром витрат до 165 USD на 1 га, отримуючи при цьому значно менші прибутки. Цікаво, що стратегія максимізації прибутку, якої притримується аграрний бізнес США, зумовлює суттєво менші флуктуації відносно очікуваних значень урожайності й тому менш ризикова як з позицій продовольчої безпеки, так і стану довкілля. Якщо вважати очікуваний рівень урожайності зернових в Україні на рівні 30 ц/га, то погодні ризики зменшення урожайності, що реалізуються з ймовірністю 10% (1 раз на 10 років), призводять до втрати приблизно 20% від валового збору зернових.

Список бібліографічних посилань

1. Angelsen A., Kaimowitz D. *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation* (Cabi) (First ed.). CABI. (2001). URL : https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BAngelsen0101E0.pdf.
2. Behnke G. D., Zuber S. M., Pittelkow C. M., Nafziger E. D., Villamil M. B. Long-term crop rotation and tillage effects on soil greenhouse gas emissions and crop production in Illinois, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 261. P. 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.03.007>.
3. Börjeson L. Boserup backwards? Agricultural intensification as 'its own driving force' in the mbulu highlands, tanzania. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*. 2007. № 89(3). P. 249-267. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0467.2007.00252.x>.
4. *Econometric Analysis* by Greene, William H 7th (seventh) Edition (2011) (7th ed.). 2011. Pearson Education.
5. FAOSTAT. 2019. FAOSTAT. URL : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFB>.
6. FAOSTAT. 2019. FAOSTAT. URL : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

References

1. Angelsen, A. & Kaimowitz, D. (2001). *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. CABI Publishing. Retrieved from : <https://www.cifor.org/knowledge/publication/1068> [In English].
2. Behnke, G.D., Zuber, S.M., Pittelkow, C.M., Nafziger, E.D. & Villamil, M.B. (2018). Long-term crop rotation and tillage effects on soil greenhouse gas emissions and crop production in Illinois, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 261, pp. 62-70 [In English]. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.03.007>.
3. Börjeson, L. (2007). Boserup backwards? agricultural intensification as 'its own driving force' in the mbulu highlands, tanzania. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, vol. 89 (3), pp. 249-267 [In English]. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0467.2007.00252.x>.
4. Greene, W.H. (2012). *Econometric Analysis*. Seventh Edition. Pearson Education Limited [In English].
5. Fertilizers by Product. (2019). FAOSTAT. Retrieved from : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFB> [In English].
6. Crops. FAOSTAT. (2019) Retrieved from : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [In English].

7. Oerke E.-C. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*. 2005. Vol. 144(1). P. 31-43. <https://doi.org/10.1017/s0021859605005708>.

8. Pingali P. L. Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012. Vol. 109(31). P. 12302-12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>.

9. Pretty J., Bharucha Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*. 2014. Vol. 114(8). P. 1571-1596. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu205>.

10. Skrypnyk A., Talavyria M., Bukin M. The rise of the 'emerging economies': towards functioning agricultural markets and trade relations? World wheat market instability inspired by emerging markets. *Journal of Financial Management and Accounting*. 2015. № 3(1). P. 39-47. URL : <https://www.ceeol.com/search/viewpdf?id=445573>.

11. Skrypnyk A., Zhemoyda O., Klymenko N., Galaieva L., Koval T. Econometric Analysis of the Impact of Climate Change on the Sustainability of Agricultural Production in Ukraine. *J. Ecol. Eng.* 2021. № 22(3). P. 275-288 <https://doi.org/10.12911/22998993/132945>.

12. US Inflation Calculator. URL : <https://www.usinflationcalculator.com>.

13. Буняк Н. М., Данилко І. М. Організаційно-економічний механізм просування сортів зернових колосових культур іноземної селекції на ринки України. *Економіка АПК*. 2020. № 3. С. 23-33.

14. Захарчук О. В. Світовий ринок насіння та місце України в ньому. *Економіка АПК*. 2020. № 4. С. 16-24.

15. Клименко Н. А. Біологізація виробництва як шлях зближення економіки та екології. *Аграрна наука і освіта*. Київ : НАУ, 2008. Т. 9. № 3-4. С. 105-108.

16. Кропивко М. Ф. Позитиви і негативи аграрного устрою України. *Економіка АПК*. 2020. № 7. С. 6-19.

17. Месель-Веселяк В. Я. Виробництво зернових культур в Україні: потенційні можливості. *Економіка АПК*. 2018. № 5. С. 5.

18. Олійник О. В., Макогон В. В., Брік С. В. Максимальна урожайність або прибутковість: пріоритети вибору в умовах інноваційного розвитку. *Економіка АПК*. 2019. № 7. С. 50-58.

19. Derykhovska, V., Svydlo, H., Sierova, I., & Barka, Z. (2020). Fundamentals of analytical assessment of the secondary sector of economy. *Economics of Development*, 19(4), 1-11. doi: 10.21511/ed.19(4).2020.01.

7. Oerke, E.C. (2005). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, vol. 144 (1), pp. 31-43 [In English]. <https://doi.org/10.1017/s0021859605005708>.

8. Pingali, P.L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (31), pp. 12302-12308 [In English]. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>.

9. Pretty, J. & Bharucha, Z.P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, vol. 114 (8), pp. 1571-1596 [In English]. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu205>.

10. Skrypnyk, A., Talavyria, M. & Bukin, E. (2015). The rise of the 'emerging economies': towards functioning agricultural markets and trade relations? World wheat market instability inspired by emerging markets. *Journal of Financial Management and Accounting*. 3(1). pp. 47-62 [In English].

11. Skrypnyk, A., Zhemoyda, O., Klymenko, N., Galaieva, L. & Koval, T. (2021). Econometric Analysis of the Impact of Climate Change on the Sustainability of Agricultural Production in Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 22 (3), pp. 275-288 [In English]. <https://doi.org/10.12911/22998993/132945>.

12. US Inflation Calculator. Retrieved from : <https://www.usinflationcalculator.com> [In English].

13. Buniak, N.M. & Danylko, I.M. (2020). Orhanizatsiino-ekonomichnyi mekhanizm prosuvannia sortiv zernovykh kolosovykh kultur inozemnoi seleksii na rynku Ukrainy [Organizational and economic mechanism for promoting varieties of spire cereal crops of foreign selection on the Ukrainian markets]. *Ekonomika APK*, 3, pp. 25-35 [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202003025>.

14. Zakharchuk, O.V. (2020). Svitovyi rynek nasinnia ta mistse Ukrainy v nomu [The world seed market and the place of Ukraine in it]. *Ekonomika APK*, 4, pp. 16-26 [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202004016>.

15. Klymenko, N.A. (2008). Biologizatsiia vyrobnytstva yak shliakh zblizhennia ekonomiky ta ekolohii [Biologization production as a way of convergence economy and ecology]. *Ahrarna nauka i osvita*, vol. 9 (3-4), pp. 105-108 [In Ukrainian].

16. Kropyvko, M.F. (2020). Pozytyvy i nehatyvy ahrarnoho ustroiu Ukrainy [Positives and negatives of the agrarian system of Ukraine]. *Ekonomika APK*, 7, pp. 6-19 [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202007006>.

17. Mesel-Veseliak, V.Ya. (2018). Vyrobnytstvo zernovykh kultur v Ukraini: potentsiini mozhlyvosti [Regional production of grain crops in agricultural enterprises of Ukraine]. *Ekonomika APK*, 5, pp. 5-14 [In Ukrainian].

18. Oliinyk, O.V., Makohon, V.V. & Brik, S.V. (2019). Maksymalna urozhainist abo prybutkovist: priorytety vyboru v umovakh innovatsiinoho rozvytku [Maximum yield or profitability: priorities for choice in conditions of innovative development]. *Ekonomika APK*, 7, pp. 50-58 [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201907050>.

19. Derykhovska, V., Svydlo, H., Sierova, I., & Barka, Z. (2020). Fundamentals of analytical assessment of the secondary sector of economy. *Economics of Development*, 19(4), 1-11. doi: 10.21511/ed.19(4).2020.01.

Zherlitsyn D. M., Skrypnyk A. V., Klymenko N. A., Tuzhyk K. L. Yield or profit: alternatives to the development of national crop production

The purpose of the article is to determine with the help of econometric and optimization methods the priority strategies of agrarian business in the field of crop production and to compare with the existing leaders in the use of innovations in the field of crop production.

Research methods. The study is based on the use of econometric analysis methods to build trends in grain yield dynamics in leading countries in the use of innovative agricultural technologies and optimization methods for the study of dominant strategies used by agricultural enterprises in crop production.

Research results. As a result of using the declining marginal grain yield depending on the amount of costs, which are determined by the cost of importing technology per 1 ha, the optimal cost values for both maximum yield and maximum profit. It is shown that at certain time intervals the costs of farmers were excessively high not only in terms of profit optimization but also to optimize yields. It is assumed that taking into account the latest innovation trends, agribusiness will move to a strategy of profit maximization

Scientific novelty. As a result of econometric analysis it is shown that the use as a target function of yield leads to a significant increase in the variability of this indicator, while a moderate increase in yield is accompanied by significantly less variability. Quantitative indicators of the impact of climate risks on grain yields in Ukraine have been obtained, which explain approximately 50% of the variance in the grain yield indicator in Ukraine.

Practical significance. It is shown that the representation of marginal yield in the form of a decreasing linear function is confirmed in practice. Further research, which in the presence of detailed information on the production processes of individual enterprises can be conducted by panel regression (observation points are spaced in space and time), can provide a more detailed picture of the efficiency of individual production components in their areas of interaction. Tabl.: 4. Figs.: 3. Refs.: 19.

Keywords: marginal yield; trend; technology import, variability, profit optimization; weather risks.

Zherlitsyn Dmytro Mykhailovych - doctor of economic sciences, professor, head of the department of economic cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15, Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041)

E-mail: dzherlitsyn@nubip.edu.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-2331-8690>

Skrypyk Andrii Vasylovych - doctor of economic sciences, professor of the department of economic cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15, Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041)

E-mail: avskripnik@ukr.net

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-2957-1355>

Klymenko Nataliia Anatoliivna - candidate of economic sciences, associate professor (docent) of the department of economic cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15, Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041)

E-mail: nklimenko@nubip.edu.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0003-0693-865X>

Tuzhyk Kateryna Leonidivna - candidate of economic sciences, associate professor (docent) of the department of economic cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15, Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041)

E-mail: kateryna_t@nubip.edu.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0001-7057-3400>

Жерлицын Д. М., Скрипник А. В., Клименко Н. А., Тужик Е. Л. Урожайность или прибыль: альтернативы развития национального растениеводства

Цель статьи - определить при помощи эконометрических и оптимизационных методов приоритетные стратегии аграрного бизнеса в отрасли растениеводства и сравнить с существующими в странах-лидерах в использовании инноваций в отрасли растениеводства.

Методика исследования. Исследование основывается на использовании методов эконометрического анализа для построения трендов (тенденций) в динамике урожайности зерновых в странах-лидерах в использовании аграрных инновационных технологий.

Результаты исследования. При использовании нисходящей маргинальной урожайности зерновых в зависимости от величины расходов, которые определяются стоимостью импорта технологий в расчете на 1 га, получены оптимальные величины расходов как для максимальной урожайности, так и для максимальной прибыли. Доказано, что на отдельных временных интервалах затраты аграриев чрезмерно завышены не только относительно оптимизации прибыли, но и для оптимизации урожайности.

Элементы научной новизны. В результате эконометрического анализа установлено, что использование в качестве целевой функции максимизации урожайности приводит к существенному росту вариативности этого показателя, тогда как умеренный рост урожайности сопровождается существенно меньшей вариативностью.

Практическая значимость. Показано, что представление маргинальной урожайности в виде убывающей линейной функции подтверждается на практике. Дальнейшие исследования при наличии детальной информации по производственным процессам в отдельных аграрных предприятиях могут быть проведены методами панельной регрессии. Табл.: 4. Илл.: 3. Библиогр.: 19.

Ключевые слова: маргинальная урожайность; тренд; импорт технологий, вариативность, оптимизация прибыли; погодные риски.

Жерлицын Дмитрий Михайлович - доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической кибернетики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (03041, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15)

E-mail: dzherlitsyn@nubip.edu.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-2331-8690>

Скрипник Андрей Васильевич - доктор экономических наук, профессор кафедры экономической кибернетики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (03041, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15)

E-mail: avskripnik@ukr.net

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-2957-1355>

Клименко Наталия Анатольевна - кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической кибернетики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (03041, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15)

E-mail: nklimenko@nubip.edu.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0003-0693-865X>