

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-37-59>

УДК 338.336.5

“ЦИФРОВЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО” ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

E-FARMING AS A TOOL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Калашнікова Тетяна Вікторівнадоктор економічних наук, професор,
Харківський національний економічний університет
імені Семена КузнецяORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4474-7160>**Калашніков Андрій Олегович**кандидат економічних наук,
Український орден «Знак Пошани»,
Науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації
імені Г. М. ВисоцькогоORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1164-2119>**Мартіянова Марина Павлівна**кандидат економічних наук, доцент,
Харківський національний економічний університет
імені Семена КузнецяORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2624-0964>**Kalashnikova Tetiana**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Kalashnikov AndriyUkrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration
under the National Academy of Sciences of Ukraine**Martianova Marina**

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Визначено прикладні аспекти та ключові складові системи впровадження «цифрового землеробства» як інструменту сталого розвитку. Розроблено теоретико-методичні засади та концептуальні підходи до впровадження «цифрового землеробства» як інструменту сталого розвитку в Україні. Систематизовано компоненти, технології та методи «цифрового землеробства». Визначено зв'язок між видами сільськогосподарських робіт та застосуванням технологій «цифрового землеробства». Проаналізовано складові агроплатформи для ефективного управління аграрним підприємством на основі цифрової моделі. Систематизовано сучасні цифрові додатки для впровадження технології «цифрового землеробства» для аграрних товаровиробників.

Ключові слова: точне землеробство, розумне землеробство, цифрове землеробство, сталий розвиток, аграрне підприємство.

Digital technologies help accelerate the transformation of the agricultural sector and increase the efficiency of agricultural enterprises; strengthen quality control and traceability of products; improve producers' access to resources and financial markets. Addressing climate change, population growth and food security requires an innovative approach to productivity, including the introduction of digital agriculture. The purpose of this article is to identify the applied aspects and key components of the system of implementation of "e-farming" as a tool for sustainable development. The research identified applied aspects and key components of the system of implementation of "e-farming" as a tool for sustainable development. Theoretical and methodological principles and conceptual approaches to the introduction of "e-farming" as a tool for sustainable development in Ukraine have been developed. Components, technologies and methods of "e-farming" are systematized. The connection between the types of agricultural work

and the use of "e-farming" technologies is determined. The components of agricultural platforms for effective management of agricultural enterprises on the basis of digital model are analyzed. Modern digital applications for the introduction of "e-farming" technology for agricultural producers have been systematized. Given the diversity of climatic conditions and the heterogeneity of fields in Ukraine, the feasibility of introducing a system of "e-farming" in agricultural enterprises to minimize risks and optimize costs. It is proved that the introduction of "e-farming" in agricultural enterprises has economic, environmental and social effects, thus ensuring their sustainable development. The economic effect is manifested in increasing yields per hectare of land, reducing crop losses, increasing the efficiency of the land bank; ecological effect – in the production of products in areas of risky agriculture, the ability to influence climate change; social effect – in improving the skills of staff, social standards, market value of land.

Keywords: precision agriculture, smart farming, e-farming, sustainability, agricultural enterprise.

Постановка проблеми. Цифровізація є базисом ефективного функціонування суб'єкта господарювання завдяки здатності технологій позитивно впливати на оптимізацію витрат, виявлення вузьких місць бізнес-процесів, прослідковування законмірностей та забезпечення прогнозування. Кінцевим результатом цифрових трансформацій є ефективність, конкурентоздатність та створення нових цінностей [1].

За прогнозами FAO населення планети до 2025 р. збільшиться до 8 млрд. людей, а до 2050 р. досягне 9,6 млрд. людей, що потребуватиме збільшення виробництва харчових продуктів на 70% [2]. Такі фактори як зміна клімату, зростання населення та проблеми продовольчої безпеки обумовлюють потребу пошуку більш інноваційних підходів підвищення продуктивності галузі, у т.ч. на основі Інтернету речей як мережі взаємопов'язаних обчислювальних пристроїв, цифрового та механічного обладнання, людей чи тварин, а також об'єктів, які можуть виявляти, збирати та надсилати дані через Інтернет без участі людини [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аграрний сектор за "цифровою" зрілістю відносять до одного з найвищих рівнів цифровізації – цифрової інтеграції [4]. За даними звіту Всесвітнього економічного форуму «The Future of Jobs Report 2020» вірогідність впровадження до 2025 р. в аграрному секторі окремих цифрових технологій становить: Інтернет речей – 88%; аналітика великих даних – 86%; електронна торгівля – 80%; хмарні обчислення, зберігання та генерація енергії – по 75%, штучний інтелект – 62%; роботи – 54%; біотехнології – 50% [5]. Інтеграція аграрної галузі з технологіями дозволяє автоматично визначати характеристики і стан ґрунту; приймати рішення за допомогою датчиків та механізмів щодо забезпечення обсягів та якості продукції й збереження сільськогосподарських угідь [6].

При дослідженні даної проблематики зарубіжними науковцями широко застосову-

ються поняття "точне сільське господарство" і "розумне землеробство" [3; 6; 7]. Точне сільське господарство трактують як точне застосування сільськогосподарських ресурсів на основі ґрунту, погоди та вимог культур для максимізації стійкої продуктивності врожаю, якості та прибутковості [7]. Розумне землеробство засноване на впровадженні інформаційно-комунікаційних технологій в машини, обладнання та датчики в системах сільськогосподарського виробництва, що дозволяє генерувати великий обсяг даних та інформації з поступовим введенням у процес автоматизації для прийняття рішень. На відміну від класичного сільського господарства, де визначаються необхідні операції для кожного окремого поля, розумне землеробство дозволяє визначати дії на окремий квадратний метр, або навіть окрему рослину.

У вітчизняній практиці застосовується термін «цифрове землеробство» (e-farming), що трактується як принципово нова стратегія менеджменту в агрономії із застосуванням «цифрових» технологій, нових технічних засобів і передбачає здійснення технологічних заходів з вирощування рослин з урахуванням просторової неоднорідності поля [1].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Технологічні та організаційні компоненти «цифрового землеробства» досить широко висвітлюються вітчизняними науковцями [4; 8], однак недостатньо уваги, на наш погляд, приділяється характеристиці «цифрового землеробства» як інструмента сталого розвитку.

Формулювання цілей дослідження. Метою даного дослідження є визначення прикладних аспектів та ключових складових системи впровадження «цифрового землеробства» як інструменту сталого розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі вивчення міжнародного досвіду підтверджено, що урожай на 80% залежить від природних умов. Проте, за систем точного землеробства вплив погоди і клі-

мату на ефективність рослинництва зведений до 20%, тоді як на технології та управління у сільському господарстві припадає 80% [9]. Для України як ризикової зони сільського господарства доцільно запроваджувати системи точного землеробства з огляду на різноманітність кліматичних умов та неоднорідність полів задля мінімізації ризиків та оптимізації витрат.

Результати систематизації компонентів, технологій та методів «цифрового землеробства» наведено нами в табл. 1.

Традиційно система цифрового землеробства включає ряд етапів: збір даних; аналіз

зібраної інформації; прийняття агротехнічних рішень (на основі аналізу). В процесі дослідження нами було визначено зв'язок між видами сільськогосподарських робіт та застосуванням технологій цифрового землеробства (табл. 2).

Агрохімічний аналіз ґрунту сенсорним обладнанням дозволяє оцінити родючість ґрунту, отримати дані щодо придатності ґрунтів для вирощування конкретної культури, оптимізувати систему живлення та зменшити витрати добрив. Технологія паралельного водіння на основі використання підрулюючих пристроїв, GPS-навігаторів та автопілотів

Таблиця 1

Компоненти, технології та методи цифрового (точного) землеробства

Компоненти «цифрового землеробства»				
<i>Інформація</i>		<i>Технології</i>		<i>Ефективне управління</i>
про характеристики культур, властивості ґрунту (рельєф, родючість, текстура, вологість), захворюваність шкідниками, погодні/кліматичні умови, реакція на ріст рослин, збирання врожаю та обробка врожаю після збору врожаю, маркетинг і аналіз ринку.		впровадження систем інтегрованого управління здоров'ям ґрунту, поживними речовинами, шкідниками, водою, енергією, різними генетичними ресурсами сільськогосподарських культур; дозволяють контролювати та покращувати якість продукції.		створення комплексної системи управління, що включає обґрунтоване виробництво та прийняття рішень на основі інтерпретації отриманої інформації з використанням технологій.
Технології «цифрового землеробства»				
<i>Глобальна система позиціонування (GPS)</i>		<i>Географічна інформаційна система (ГІС)</i>		<i>Дистанційне зондування</i>
визначає місцезонашування полів, щоб вхідні ресурси (насіння, добрива, пестициди, гербіциди, зрошувальну воду) застосовувати до окремого поля на основі критеріїв продуктивності та попередніх застосувань.		надає інформацію про топографію поля, типи ґрунтів, поверхневий та підземний дренаж, тестування ґрунту, зрошення, норми внесення хімічних речовин, врожайність с.-г. культур з метою визначення взаємозв'язків між різними елементами та урожайністю на певній ділянці.		дозволяє отримати просторово та тимчасово розподілену інформацію для виявлення та аналізу мінливості врожаю та ґрунту на полях.
Загальні методи «цифрового землеробства»				
<i>Мікро-зрошення</i>	<i>Крапельне зрошення</i>	<i>Фертигація</i>	<i>Мульчування</i>	<i>Прямий посів / пересадка</i>
забезпечує полив води безпосередньо в ґрунт у кореневій зоні рослини.	застосування невеликої кількості води біля кореневої зони рослини через випромінювачі.	внесення добрив, змін ґрунту або інших водорозчинних продуктів через систему зрошення.	покриття верхньої частини ґрунту пухкими сторонніми речовинами.	скидання окремих насінин на заздалегідь визначеній відстані в рядку.

Джерело: складено на основі [1; 7]

Таблиця 2

**Застосування технологій «цифрового землеробства»
в розрізі видів сільськогосподарських робіт**

Види сільськогосподарських робіт	Технології					
	Аналіз ґрунту	Паралельне водіння	Управління нормами	Дрони	Супутниковий моніторинг	Метеомоніторинг
Створення карт-завдань змінних норм внесення добрив, меліорантів та насіння	+					
Визначення потенціалу поля	+					
Глибина підлужної поверхні	+					
Прогноз врожайності	+					
Планування сівозмін	+					
Передпосівний обробіток ґрунту		+	+			
Диференційне внесення добрив		+	+			
Посів		+				
Диференційований посів			+			
Внесення ЗЗР		+				
Збір врожаю		+				
Точне обприскування			+			
Моніторинг стану посівів				+	+	
Обмір полів				+	+	
Картографування				+		
Внесення ЗЗР і добрив				+		
Охоронні функції				+		
Структура посівних площ					+	
Історія полів					+	
Моніторинг актуального метеостану на полях						+
Локальний прогноз погоди для планування виконання операцій						+
Профілактика захворювань рослин						+
Аналіз врожайності						+

Джерело: складено на основі [10]

дозволяє оптимізувати обробіток земель; суттєво зменшити витрати на паливо, посівний матеріал та добрива за рахунок диференційованого внесення насіння, добрив, ЗЗР; контролювати точність виконання операцій.

Моніторинг посівів за допомогою супутників або дронів для отримання комплексної інформації про стан ґрунту і рослин сприяє

швидкому прийняттю управлінських рішень щодо обробки ґрунту або боротьби зі шкідниками. На основі метеомоніторингу можливо визначати оптимальні періоди початку посівної кампанії, поливу та внесення добрив і ЗЗР; скоротити витрати води, ЗЗР та добрив.

На етапі аналізу зібраної інформації використовуються агроплатформи – комплексні

онлайн сервіси з модульним розділенням для обробки великих баз даних і прийняття управлінських рішень на основі ризик-менеджменту. Нами було систематизовано сучасні цифрові додатки для впровадження технології «цифрового землеробства» для великих та дрібних вітчизняних агровиробників, доступні для Android, iPad, iPhone тощо (табл. 3).

З позицій сталого розвитку впровадження «цифрового землеробства» має забезпечувати економічний, соціальний та екологічний ефект. Підвищення ефективності діяльності

підприємства на основі інвестицій в окремі технології «цифрового землеробства» може відбуватись як на основі зменшення витрат, так і підвищення урожайності культур (табл. 4).

Точні технології у землеробстві спрямовані насамперед на економічну ефективність та ґрунтозахист, підвищення врожайності з одного гектару землі, зменшення втрат врожаю на полях та загалом на підвищення коефіцієнта корисного використання земельного банку країни. Впровадження цифрових технологій на основі strip-till чи no-till надає мож-

Таблиця 3

Цифрові додатки для впровадження технології «цифрового землеробства» в аграрному підприємстві

Напрямок	Цифрові додатки	Дозволяють
Моніторинг стану рослин та умов росту культур	BeCrop, SIRRUS	здійснювати моніторинг польових умов
	GeoPard Agriculture	створювати карти внесення препаратів (добрив та ЗЗР) зі змінною нормою; зонування полів за даними історичної врожайності тощо.
	EOS Crop Monitoring	отримувати всебічний аналіз погодних умов, стадій розвитку рослин, оптимальної кількості і часу для посіву або внесення добрив, зонування полів ГІС.
Захист культур від хвороб	Field Prophet, Valley Insights	передбачати ризик захворювання рослин
	Farm Dog, Taranis Scout	спрощувати польовий скаутинг та ідентифікацію захворювань культур
	Drift	визначати пріоритетність захисту
	CommoditAg	допомагати замовляти добрива та хімікати
Живлення рослин	Crop Nutrient Advisor	виявляти дефіцит поживних речовин завдяки знімкам культур
	eKonomics від Nutrien	виявляти дефіцит доступних корисних сполук в ґрунті
Моніторинг експлуатації техніки	John Deere Operations	керувати польовою технікою і якістю її роботи
	DropControl	контролювати роботу зрошувальної системи
Взаємодія між виробниками і споживачами продукції.	Smartwyre Mobile	формувати інформацію про продукти, ціни, та продавців
	Market+ від Indigo	оптимізувати ланцюги постачання продукції
	Grower Portal	знаходити клієнтів роздрібним продавцям
Управління господарством	Agworld	збирати та обмінюватися з працівниками і партнерами даними про роботу господарства
	Grower360	вирішувати питання обліку господарства
	Phytech, FarmQA	формувати рекомендації щодо підвищення врожайності
	Semios	краще працювати з погодними ризиками
	AgriSync	отримувати супровід експерта on-line

Джерело: складено на основі [11]

Таблиця 4

Економічний ефект впровадження окремих технологій «цифрового землеробства»

Технології	Витрати на впровадження	Економія на гектар
Аналіз ґрунту Управління нормами	Базовий пакет – 900-1100 грн/га Максимальний пакет – 2400-4000 грн/га.	Агрохімічний аналіз ґрунту – 10-60 \$. Диференційоване внесення добрив - додатково 7-15 \$.
Паралельне водіння	Вказівник курсу – 1,4 тис. € Монітор з діагоналлю 5 дюймів – 1,6 тис. €, 7 дюймів – 2,8 тис. €	До 30 \$. Автопілоти заощаджують до 20\$/га (витрати палива на 15%, насіння – 5% та ЗЗР – 8%).
Супутниковий моніторинг. Дрони	Супутниковий моніторинг посівів – до 1 \$, моніторинг дроном – від 1 \$.	До 10-15% витрат на гектар
Метео- моніторинг	Автономна метеостанція - 2-3 тис. \$; системи без метеостанції – 100-200 \$ на рік; метеостанція у розстрочку – 700-800 \$ на рік.	

Джерело: складено на основі [10]

ливість аграрному товаровиробнику зберегти вологу, керувати нормою висіву, будувати карти на посів та внесення добрив, тобто працювати в зонах ризикованого землеробства й впливати на зміни клімату, досягаючи екологічного ефекту.

Запровадження технологій «цифрового землеробства» передбачає роботу з формування та обробки великих масивів даних, що потребує відповідного рівня кваліфікації персоналу підприємства, набуття ним професійних вмінь та навичок і, відповідно, обумовлює більш високий рівень оплати праці. Водночас, з введенням ринку землі в Україні повноцінна інформація щодо окремого поля значно підвищує ринкову вартість такої земельної ділянки, а отже, сприяє підвищенню доходів її власника, тобто підвищує рівень соціальної ефективності.

Висновки із цього дослідження і далі перспективи в цьому напрямку. В результаті дослідження визначено, що «цифрове землеробство» пов'язане з використанням геоін-

формаційних систем, глобального позиціонування, бортових комп'ютерів, управлінських і виконавських механізмів, здатних диференціювати способи обробітку, норми внесення добрив, хімічних меліорантів і засобів захисту рослин. З огляду на різноманітність кліматичних умов та неоднорідність полів в Україні доцільно запроваджувати в аграрних підприємствах систему «цифрового землеробства» задля мінімізації ризиків та оптимізації витрат. Впровадження технологій «цифрового землеробства» аграрними товаровиробниками є інструментом сталого розвитку, бо сприяє підвищенню економічної (підвищення врожайності з одного гектару землі, зменшення втрат врожаю, підвищення коефіцієнту корисного використання земельного банку), екологічної (виробництво продукції в зонах ризикованого землеробства, можливість впливати на зміни клімату) та соціальної ефективності (підвищення рівня кваліфікації персоналу, соціальних стандартів, ринкової вартості земельної ділянки) їх діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Цифрова адженда України – 2020. URL: <https://ucci.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf> (дата звернення: 06.04.2022).
2. A. Tzounis, N. Katsoulas, T. Bartzanas, C. Kittas. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems, engineering*. 2017. № 164. Pp. 31–47.
3. D. Sonal. IoT in agriculture: Smart Farming. *Recent Advances in Engineering, Science and Construction Edited Iksad Publications*. 2021: 137–149. URL: <https://www.researchgate.net/publication/358233758> (дата звернення: 08.02.2022).
4. Гринюк О. І. Цифрова трансформація суб'єктів господарювання у контексті концепції industry 4.0: сучасні тенденції, бар'єри та ризики впровадження. *Ефективна економіка*. 2021. № 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8907> (дата звернення: 05.02.2022).

5. The Future of Job Report 2020. *World Economic Forum* : website. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf (дата звернення: 18.04.2022).
6. Laxmi S. Shabadi, Hemavati B. Biradar. Design and Implementation of IOT based Smart Security and Monitoring for Connected Smart Farming. *International Journal of Computer Applications*. 2018. Vol. 179. No. 11.
7. S. M. Hussain, K. Hussain, S. Farwah, S. Lone, M. Rashid. Precision agriculture-Smart Farming: The future of agriculture. *Recent Advances in Agriculture, Engineering and Biotechnology for Food Security*. 2021. pp. 167–171.
8. Водянка Л. Д., Юрій Т. П. Цифровізація та цифрова платформа в економічному розвитку аграрного сектору. *Економіка АПК*. 2020. № 12. С. 67–73.
9. Точне землеробство та ІТ рішення в сучасному виробництві в світі. URL: <https://travelite.com.ua/tochne-zemlerobstvo-ta-agro-it-rishennia/> (дата звернення: 04.04.2022).
10. Основи точного землеробства для фермера – інфографіка. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1165-osnovi-tochnogo-zemlerobstva-dlya-fermera--infografika> (дата звернення: 06.02.2022).
11. Кращі додатки для сільського господарства доступні в 2022 році. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/kraschi-dodatki-dlya-silskogo-gospodarstva-dostupni-v-2022-rotsi> (дата звернення: 05.04.2022).

REFERENCES:

1. Tsyfrova adzhenda Ukrainy – 2020, available at: <https://ucco.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf> (accessed 6 Apr 2022).
2. Tzounis, A. Katsoulas, N. Bartzanas, T. and Kittas, C. (2017) "Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges". *Biosystems, engineering*, vol. 164, pp. 31–47.
3. Sonal, D. (2021) "IoT in agriculture: Smart Farming". *Recent Advances in Engineering, Science and Construction Edited Iksad Publications*, pp. 137–149, available at: <https://www.researchgate.net/publication/358233758> (accessed 6 Apr 2022).
4. Gryniuk, O. (2021), "Digital transformation of business entities in the context of industry 4.0 concept: current trends, barriers and risks of implementation", *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 5, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8907> (accessed 5 Feb 2022).
5. The Future of Job Report 2020. *World Economic Forum*: website, available at: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf (accessed 18 Feb 2022).
6. Laxmi Shabadi, S. and Hemavati Biradar, B. (2018) "Design and Implementation of IOT based Smart Security and Monitoring for Connected Smart Farming". *International Journal of Computer Applications*, vol. 179, no. 11.
7. S. M. Hussain, K. Farwah, S. Lone, S. and Rashid, M. (2021) "Precision agriculture-Smart Farming: The future of agriculture". *Recent Advances in Agriculture, Engineering and Biotechnology for Food Security*, pp. 167–171.
8. Vodianka, L. D. and Yurii, T. P. (2020) "Tsyfrovizatsiia ta tsyfrova platforma v ekonomichnomu rozvytku ahrar-noho sektoru". *Ekonomika APK*, vol. 12, pp. 67–73.
9. Tochne zemlerobstvo ta IT rishennia v suchasnomu vyrobnytstvi v sviti. available at: <https://travelite.com.ua/tochne-zemlerobstvo-ta-agro-it-rishennia/> (accessed 4 Apr 2022).
10. Osnovy tochnogo zemlerobstva dlia fermera – infografika, available at: <https://kurkul.com/spetsproekty/1165-osnovi-tochnogo-zemlerobstva-dlya-fermera--infografika> (accessed 6 Apr 2022).
11. Krashchi dodatky dlia silskoho gospodarstva dostupni v 2022 rotsi, available at: <https://aggeek.net/ru-blog/kraschi-dodatki-dlya-silskogo-gospodarstva-dostupni-v-2022-rotsi> (accessed 5 Apr 2022).