

УДК 330.117:338.43

DOI: 10.30857/2786-5398.2023.6.6

Наталія Л. Гавкалова

*Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Україна*  
**ТЕХНОЛОГІЧНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО СЕКТОРУ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ В КОНТЕКСТІ ПЕРЕХОДУ  
ДО СМАРТ ТЕХНОЛОГІЙ**

У статті досліджено напрями трансформації агропромислового сектору національної економіки на засадах впровадження сучасних смарт технологій. З'ясовано, що з розвитком нових технологій все більше процесів виробництва сільськогосподарської продукції переходять від ручної до автоматизованої праці. Цьому сприяє винайдення смарт технологій, під якими розуміють нову стратегію управління, обумовлену цифровими характеристиками процесів. Смарт технології в сільському господарстві називають *agritech*. Визначено, що на рівні агропромислового сектору впроваджуються наступні смарт технології: Інтернет речей – смарт технологія, з допомогою якої різні пристрої обмінюються даними між собою без втручання людини; робототехніка – смарт технологія, з допомогою якої створюються безпілотні трактори та «збиральні руки»; штучний інтелект – смарт технологія для синхронізації сільськогосподарського обладнання, аналізу даних, приймання рішень та застосування оптимальних дій на всіх етапах виробництва сільськогосподарської продукції; агродрони – безпілотні літальні пристрої для моніторингу стану посівів; оцінки врожайності; оцінки нестачі води; виявлення бур'янів, тощо; точне землеробство – смарт технологія управління сільським господарством, яка об'єднує сучасні технології збору даних і комунікації; аграрні біотехнології – смарт технології, які використовуються для поліпшення рослин, тварин і мікроорганізмів; великі дані та їх аналіз – смарт технології, які використовуються для підвищення точності прогнозування та підвищення ефективності роботи агропромислового сектору; контрольоване сільське господарство – смарт технології вирощування сільськогосподарських культур у контрольованому середовищі; відновлюване сільське господарство – смарт технології створення відновлюваних харчових систем і здорових природних екосистем; технології підключення – смарт технології використання цифрових програм та аналітики на основі 5G технологій. Доведено, що впровадження смарт технологій в агропромисловому секторі сприяє активізації виробництва сільськогосподарської продукції та підвищення кількості людей, яких можна забезпечити їжею з 1 акру землі до 265 осіб. Отже, поступова технологічна трансформація агропромислового сектору України на засадах переходу до смарт технологій сприятиме розширенню масштабів, швидкості і продуктивності сільськогосподарського обладнання, підвищення ефективності обробки земель меншою кількістю людей, збільшенню обсягів виробництва сільськогосподарської продукції та підвищенню її врожайності.

**Ключові слова:** агропромисловий сектор; національна економіка; сільське господарство; сільськогосподарська продукція; технологічні трансформації агропромислового сектору; аграрна революція; смарт технології.

Nataliia L. Gavkalova

*Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine*  
**TECHNOLOGICAL TRANSFORMATIONS OF THE AGRICULTURAL SECTOR  
NATIONAL ECONOMY IN THE CONTEXT OF THE TRANSITION  
TO SMART TECHNOLOGIES**

*The article examines the directions of transformation of the agro-industrial sector of the national economy based on the implementation of modern smart technologies. It was found that with the development of new technologies, more and more agricultural production processes are moving from manual to automated work. This is facilitated by the invention of smart technologies, which are understood as a new management strategy due to the digital characteristics of processes. Smart technologies in agriculture are called agritech. It was determined that the following smart technologies are being implemented at the level of the agro-industrial sector: the Internet of Things – a smart technology that allows various devices to exchange data with each other without human intervention; robotics – smart technology, with the help of which unmanned tractors and "harvesting hands" are created; artificial intelligence – smart technology for synchronization of agricultural equipment, data analysis, decision-making and application of optimal actions at all stages of agricultural production; agricultural drones – unmanned aerial devices for monitoring the condition of crops; yield estimates; water shortage assessments; detection of weeds, etc.; precision agriculture – a smart agricultural management technology that combines modern data collection and communication technologies; agricultural biotechnologies – smart technologies used to improve plants, animals and microorganisms; big data and its analysis – smart technologies used to increase the accuracy of forecasting and increase the efficiency of the agro-industrial sector; controlled agriculture – smart technologies for growing agricultural crops in a controlled environment; renewable agriculture – smart technologies for creating renewable food systems and healthy natural ecosystems; connection technologies – smart technologies of using digital programs and analytics based on 5G technologies. It has been proven that the introduction of smart technologies in the agro-industrial sector contributes to the activation of the production of agricultural products and increases the number of people who can be provided with food from 1 acre of land to 265 people. Therefore, the gradual technological transformation of the agro-industrial sector of Ukraine on the basis of the transition to smart technologies will contribute to the expansion of the scale, speed and productivity of agricultural equipment, increasing the efficiency of land cultivation with fewer people, increasing the volume of agricultural production and increasing its yield.*

**Keywords:** *agro-industrial sector; National economy; Agriculture; agricultural products; technological transformations of the agro-industrial sector; agrarian revolution; smart technologies.*

**Вступ.** Інноваційні технології активно впроваджуються в усіх секторах економіки, у тому числі і в агропромисловому секторі. З кожним роком всі більше процесів виробництва сільськогосподарської продукції переходять від ручної до автоматизованої праці з використанням машин та механізмів, що обладнані пристроями GPS-навігації та іншими сучасними смарт технологіями. Разом з тим, у найближчі кілька десятиліть агропромисловий сектор стане ще більш важливою сферою світової економіки, оскільки йому потрібно буде задовольняти потреби населення, чисельність якого зросте до 9,7 млрд у 2050 році. Трансформаційні зміни світового агропромислового сектору та перехід до нових технологій забезпечить підвищення обсягів світового виробництва сільськогосподарської продукції на 69% за період 2010–2050 р.р. [12].

**Аналіз останніх публікацій по темі.** Дослідженню переходу до смарт технології в агропромисловому секторі присвячено багато праць як вітчизняних, так і закордонних дослідників, а саме: Л. Бондаренко, І. Кравець, О. Піщенко, Н. Потапова, І. Тимчук, J. Core, G. Lutz, J. Katz, A. Menard, J. Revellat, N. Engler, M. Krarti та багато інших. Входячи з того, що смарт технології більш активно впроваджуються на рівні світового агропромислового сектору, то більшість досліджень проводиться зарубіжними науковцями. Тому проблема

переходу до смарт технології та можливості їх впровадження у вітчизняному агропромисловому секторі є перспективним напрямом, що потребує здійснення більш поглиблених досліджень.

**Мета дослідження.** Метою наукової статті є дослідження сучасних смарт технологій, що можуть бути впровадженими для розвитку агропромислового сектору України.

**Виклад основних результатів та їх обґрунтування.** Смарт технології – це технології, які «формуєть нову стратегію управління, обумовлену цифровими характеристиками процесів, а держави адаптують економіку до цифрового простору» [4]. У сфері сільського господарства смарт-технології ще називають сільськогосподарськими технологіями або agritech. Такі технології «охоплюють застосування сучасних технологій у поєднанні з Інтернетом для глобальної реконструкції практики сільського господарства» [3]. Смарт-технології в сільському господарстві, як зазначає Л.В. Бондаренко «використовуються з метою модернізації та технічного переоснащення сучасних підприємств, автоматизації виробництва та управління підприємством, ресурсозбереження, підвищення продуктивності виробництва та контролю якості продукції» [1]. Як доводить в своїх дослідженнях Н.А. Потапова «для сільського господарства смарт-технології не тільки інноваційний прорив, але й значний поштовх для зростання виходу продукції та економії витрат» [4]. Винайдення смарт технологій спричинило новий етап аграрної революції, етапи розвитку якої представлено в табл. 1.

Таблиця 1

**Еволюційні етапи аграрної революції у сільському господарстві**

Роки	Еволюція у веденні сільського господарства	Фермери можуть нагодувати осіб з 1 акру землі
1890–1945	Нарощення механізації сільського господарства	25
1945–1965	Зелена революція в сільському господарстві	155
1965–2020	Перехід до технологій точного землеробства сільському господарстві	265

Джерело: складено автором за [12].

Поступове впровадження смарт-технологій призвело до інтенсифікації ведення сільського господарства, що дало змогу за рахунок підвищення врожайності та обсягів виробництва сільськогосподарської продукції, збільшити на 620% кількість людей, яких можна забезпечити їжею з 1 акру землі з 25 осіб у 1890–1945 рр. до 155 осіб у 1945–1965 рр., та на 170% з 155 осіб у 1945–1965 рр. до 265 осіб у 1965–2020 рр. Таким чином, за 130 років за рахунок трансформацій агропромислового сектору в контексті переходу до смарт технологій на 1060% збільшилась кількість людей, яких можна забезпечити їжею.

У найближчому майбутньому наступні ключові смарт технології, що визначені згідно дослідження, проведеного «StartUs insights» у 2023 р. [14] щодо тенденцій, технологій та стартапів в сільському господарстві, вплинуть на подальшу трансформацію світового та національного агропромислового секторів, а саме:

1. Інтернет речей (Internet of Things).
2. Робототехніка (Robotics).
3. Штучний інтелект (Artificial Intelligence).
4. Агродрони (Agri Drones).
5. Точне землеробство (Precision Agriculture).
6. Аграрні біотехнології (Agricultural Biotechnology).
7. Великі дані та їх аналіз (Big Data & Analytics).

8. Контрольоване сільське господарство (Controlled Environment Agriculture).
9. Відновлюване сільське господарство (Regenerative Agriculture).
10. Технологія підключення (Connectivity Technology).

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) – це смарт технологія, з допомогою якої різні пристрої обмінюються даними між собою без втручання людини. На основі цих даних програмне забезпечення формує зрозумілі звіти для аграрія. В агропромисловому секторі використовуються наступні технології Інтернету речей:

1. Електронні мапи полів
2. Датчики на техніці: GPS-трекери, лічильники насіння і добрив, датчики заповнення бункера комбайна
3. Датчики рівня пального і проточні витратоміри
4. Ультразвукові сканери (глибина оранки поля, наповнення кузова зерновоза, аналіз мікроелементів в ґрунті тощо).
5. Електронні вагові контролери на елеваторі, вологоміри на елеваторі
6. Електронні АЗС
7. RFID-картки і зчитувачі: автоматична ідентифікація водія і МС
8. BLE – мітки причіпного обладнання
9. Система «свій»-«чужий» для комбайна+зерновоза
10. Погодні станції.
11. Дрони\супутники [2].

Робототехніка (Robotics). В агропромисловому секторі роботи мають широкий спектр застосувань: від виконання складних завдань, таких як моніторинг посівів і вимірювання рівня кислотності ґрунтів, до простих завдань зі збору та пакування фруктів і овочів і посадки насіння. На сьогоднішній день роботи в агропромисловому секторі виконують такі завдання, як:

1. Посів насіння. Безпілотні трактори та роботи повільно замінюють керовану водієм техніку для посіву насіння.
2. Збирання врожаю. Для цього використовуються роботи зі «збиральними руками» для збирання дозрілих фруктів і овочів.
3. Упаковка сільськогосподарської продукції. Упаковка фруктів і овочів для роздрібної торгівлі часто здійснюється за допомогою конвеєрної стрічки та автоматизованих «збиральних рук» для упаковки продуктів відповідно до їх типу.
4. Палетування. Традиційно для операція виконується навантажувачем і водієм. Зараз ця операція автоматизована за допомогою роботів-палетувальників або «збиральних рук».
5. Догляд за посівами. Роботи допомагають підтримувати посіви шляхом обрізки рослин, прополки землі, внесення інсектицидів або поживних речовин і забезпечення зрошення земель.

6. У тваринництві. Багато повторюваних завдань у тваринництвом, які можна автоматизувати, включаючи доїння корів, розкид корму та моніторинг земель для випасу [8].

Штучний інтелект (Artificial Intelligence). Штучний інтелект в агропромисловому секторі синхронізує все сільськогосподарське обладнання, аналізує дані, приймає рішення та застосовує оптимальні дії на всіх етапах виробництва сільськогосподарської продукції, що виводить галузь на абсолютно новий рівень. Ця смарт технологія використовується для супутникового польового та ґрунтового обстеження; управління лісовим господарством; оцінки стану здоров'я рослин; сортування культур; контролю і управління тваринництвом; автоматизації систем збирання врожаю [7].

Агродрони (Agri Drones). Дрони можна використовувати в агропромисловому секторі в таких видах сільськогосподарської діяльності, як: моніторинг стану посівів; оцінку

врожайності; оцінку нестачі води; виявлення бур'янів, шкідників і хвороб; для точного зрошення та боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами. Вони здатні розпилювати воду та пестициди в точних кількостях на основі екологічних даних [6].

Точне землеробство (Precision Agriculture). Точне землеробство (Precision Agriculture) – це смарт технологія управління сільським господарством, яка об'єднує сучасні технології збору даних і комунікації [11]. В агропромисловому секторі використовуються наступні технології точного землеробства, а саме: технології відстеження та моніторингу стану здоров'я худоби; інноваційні теплиці; транспортування і логістика з допомогою технології GPS; автоматизація ферм та інші.

Аграрні біотехнології (Agricultural Biotechnology). Аграрні біотехнології – це сукупність наукових методів, які використовуються для поліпшення рослин, тварин і мікроорганізмів [15]. Біотехнологія забезпечує удосконалення ДНК рослин, тварин, мікроорганізмів, які неможливі лише за допомогою традиційного схрещування споріднених видів, що сприяє підвищенню рівня врожайності та продуктивності сільського господарства.

Великі дані та їх аналіз (Big Data & Analytics). Аналізування великих даних є одним з інструментів трансформації агропромислового сектору [13]. Використання великої кількості даних може вирішити проблеми виробництва та продажу сільськогосподарської продукції шляхом підвищення точності прогнозування та підвищення ефективності роботи агропромислового сектору. Такі дані використовуються для: покращення прогнозування врожайності та виробництва; прискорення доставки; прийнятті рішень у режимі реального часу; прогнозування технічного обслуговування; підвищення енергоефективності; прийняття управлінських рішень на основі даних; оптимізації методів ведення сільського господарства; прогнозування попиту на сільськогосподарську продукцію; розробки інноваційних програм ціноутворення; зменшення харчових відходів; економії коштів і можливості розширення для бізнесу; управління ланцюгом постачань сільськогосподарської продукції.

Контрольоване сільське господарство (Controlled Environment Agriculture). Програми контрольованого сільського господарства (CEA) – це смарт технології вирощування сільськогосподарських культур у контрольованому середовищі (наприклад, вертикальні ферми та рослинні фабрики) [10]. З допомогою даної смарт технології відбувається переміщення виробництва продуктів харчування ближче до міських центрів, допомагаючи задовольнити потреби великої кількості населення, а також досягти глобальних кліматичних цілей.

Відновлюване сільське господарство (Regenerative Agriculture). Відновлюване сільське господарство – це смарт технологія, яка описує методи землеробства та випасання худоби, які, серед інших переваг, повертають зміну клімату, відновлюючи органічну речовину ґрунту та відновлюючи деградоване біорізноманіття ґрунту, що призводить як до скорочення вуглецю, так і до покращення кругообігу води [16]. До відновлюваних методів землеробства, скотарства та землекористування, що використовуються для створення відновлюваних харчових систем і здорових природних екосистем відносяться: аквакультура; агроекологія; агролісомеліорація; біовугілля; компост; комплексне планове випасання; No-till; вирощування пасовищ; багатрічні культури; лісопасовище.

Технологія підключення (Connectivity Technology). Найпростішими технологіями підключення до інтернету речей є 2 та 3G інтернет. Однак на сьогоднішній день цих інструментів недостатньо, щоб розблокувати всю потенційну цінність підключення для сільського господарства. Щоб досягти цього, агропромисловий сектор повинен перейти до використання цифрових програм та аналітики, що вимагатиме низької затримки, високої пропускну здатності, високої відмовостійкості і підтримки великої кількості підключених

пристроїв, за допомогою передових технологій підключення таких, як супутники LPWAN, 5G і LEO [9].

Вплив зазначених Top10 ключових смарт технологій і інновацій на трансформацію агропромислового сектору наведено на рис. 1.



Джерело: складено автором за [5].

Рис. 1. Вплив Top10 ключових технологій і інновацій на трансформацію агропромислового сектору

На сьогоднішній день найбільший вплив на трансформацію агропромислового сектору має Інтернет речей (Internet of Things) – 19% та робототехніка (Robotics) – 17%, найменший вплив має технологія підключення (Connectivity Technology) – 3%.

**Висновки.** За останні 130 років агропромисловий сектор кардинально змінився від переважання ручної до машинної, а потім автоматизованої та роботизованої праці. Чому сприяло винайдення таких сучасних смарт технологій, як: Інтернет речей; робототехніка; штучний інтелект; агродрони; точне землеробство; аграрні біотехнології; великі дані та їх аналіз; контрольоване сільське господарство; відновлюване сільське господарство; технології підключення. Впровадження нових смарт технологій в агропромисловому секторі розширило масштаби, швидкість і продуктивність сільськогосподарського обладнання, що в свою чергу призвело до підвищення ефективності обробки земель меншою кількістю людей, збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції та її врожайності. Це забезпечило підвищення кількості людей, яких можна забезпечити їжею з 1 акру землі до 265 осіб.

## References

## Література

1. Bondarenko, L. V. (2017). Vprovadzhennia novykh informatsiinykh tekhnolohii u profesiinu diialnist ahronoma [Implementation of new information technologies in the professional activity of an agronomist]. *Педагогіка*. 2017. Вип. 281. Т. 293. URL: [https://doi.org/10.26907/2542-0410.2017.281.293](#)

- agronomist]. *Naukova pratsia. Pedagogika = Scientific work. Pedagogy*, Vol. 281, Part 293. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/399081.pdf> [in Ukrainian].
2. Kravets, I. (2020). Shcho take IoT-platforma abo Internet rechei dlia ahrariia [What is an IoT platform or the Internet of Things for a farmer]. *Ahrobiznes Ukraina = Agribusiness Ukraine*, Vol. 2. URL: <https://agrobusiness.com.ua/shcho-take-iot-platforma-abo-internet-rechei-dlia-ahrariia> [in Ukrainian].
3. Pishchenko, O. (2022). Stratehii tsyfrovoho ahrarnoho sektoru v umovakh ekoloho-ekonomichnoi bezpeky [Strategies of the digital agricultural sector in the conditions of environmental and economic security]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu = Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, Vol. 5, Part 1, P. 303–310. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2023/01/2022-310-50.pdf> [in Ukrainian].
4. Potapova, N. A. (2018). Smart-lohistryka yak skladova innovatsiinoho rozvytku ahrobiznesu [Smart logistics as a component of innovative development of agribusiness]. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/b0c84a94-348b-407b-98ca-7905aa06629e/content> [in Ukrainian].
5. Mind (2022). 10 naikrashchykh tendentsii, tekhnolohii ta innovatsii u silskomu hospodarstvi za 2022 rik [Top 10 trends, technologies and innovations in agriculture for 2022]. URL: <https://mind.ua/publications/20250592-10-najkrashchih-tendencij-tehnologij-ta-innovacij-u-silskomu-gospodarstvi-za-2022-rik> [in Ukrainian].
6. Abderahman Rejeb, Alireza Abdollahi, Karim Rejeb, Horst Treiblmaier (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 198. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169922003349>.
7. Artificial Intelligence (AI) in Agricultural. URL: <https://data-science-ua.com/industries/ai-in-agriculture/>
8. Cope, J. (2022). How Robots are used in Agriculture. *Parvalux* URL: <https://www.parvalux.com/how-robots-are-used-in-agriculture/>
9. Lutz, G., Katz, J., Menard, A., Revellat, J. (2020). Agriculture's connected future: How technology can
- <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/399081.pdf>.
2. Кравець І. Що таке IoT-платформа або Інтернет речей для аграрія. *Агробізнес Україна*. 2020. № 2. URL: <https://agrobusiness.com.ua/shcho-take-iot-platforma-abo-internet-rechei-dlia-ahrariia>.
3. Піщенко О. Стратегії цифрового аграрного сектору в умовах еколого-економічної безпеки. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. № 5. Том 1. С. 303–310. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2023/01/2022-310-50.pdf>.
4. Потапова Н. А. Смарт-логістика як складова інноваційного розвитку агробізнесу. 2018. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/b0c84a94-348b-407b-98ca-7905aa06629e/content>.
5. 10 найкращих тенденцій, технологій та інновацій у сільському господарстві за 2022 рік. *Mind*. 2022. URL: <https://mind.ua/publications/20250592-10-najkrashchih-tendencij-tehnologij-ta-innovacij-u-silskomu-gospodarstvi-za-2022-rik>.
6. Abderahman Rejeb, Alireza Abdollahi, Karim Rejeb, Horst Treiblmaier. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022, 107017. Vol. 198. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169922003349>.
7. Artificial Intelligence (AI) in Agricultural. URL: <https://data-science-ua.com/industries/ai-in-agriculture/>
8. Cope J. How Robots are used in Agriculture. *Parvalux*. 2022. URL: <https://www.parvalux.com/how-robots-are-used-in-agriculture/>
9. Lutz G., Katz J., Menard A., Revellat J. Agriculture's connected future: How

yield new growth. *McKinsey Center for Advanced Connectivity and Agriculture Practice*. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Agriculture/Our%20Insights/Agricultures%20connected%20future%20How%20technology%20can%20yield%20new%20growth/Agricultures-connected-future-How-technology-can-yield-new-growth-F.pdf>.

10. Engler, N., Krarti, M. (2021). Review of energy efficiency in controlled environment agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 141. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121000812>.

11. Smart Farming Technologies: benefits, challenges, and New Tech to Know. *Monarch*. URL: <https://www.monarchtractor.com/blog/smart-farming-technologies>.

12. The complete guide to smart agriculture and farming. *Smarter Technologies*. URL: <https://smartertechnologies.com/guides/the-complete-guide-to-smart-agriculture-farming/>

13. Tymchuk, I. (2022). Big Data in agriculture: Trends, challenges, solutions. *N-X*. URL: <https://www.n-ix.com/big-data-in-agriculture/>

14. Uncover the Top 10 Agriculture Trends, Technologies & Innovations in 2024. *StartUs insights*. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/agriculture-trends-innovation/5290> міжнародних стартапів і скейлапі.

15. What is Agricultural Biotechnology? U.S. Agency for International Development, Agricultural Biotechnology Support Project II, and the Program for Biosafety Systems. URL: [http://absp2.cornell.edu/resources/briefs/documents/warp\\_briefs\\_eng\\_scr.pdf](http://absp2.cornell.edu/resources/briefs/documents/warp_briefs_eng_scr.pdf).

16. Why regenerative agriculture. URL: <https://regenerationinternational.org/why-regenerative-agriculture/>

technology can yield new growth. *McKinsey Center for Advanced Connectivity and Agriculture Practice*. 2020. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Agriculture/Our%20Insights/Agricultures%20connected%20future%20How%20technology%20can%20yield%20new%20growth/Agricultures-connected-future-How-technology-can-yield-new-growth-F.pdf>.

10. Engler N., Krarti M. Review of energy efficiency in controlled environment agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 141. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121000812>.

11. Smart Farming Technologies: benefits, challenges, and New Tech to Know. *Monarch*. URL: <https://www.monarchtractor.com/blog/smart-farming-technologies>.

12. The complete guide to smart agriculture and farming. *Smarter Technologies*. URL: <https://smartertechnologies.com/guides/the-complete-guide-to-smart-agriculture-farming/>

13. Tymchuk I. Big Data in agriculture: Trends, challenges, solutions. *N-X*. URL: <https://www.n-ix.com/big-data-in-agriculture/>

14. Uncover the Top 10 Agriculture Trends, Technologies & Innovations in 2024. *StartUs insights*. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/agriculture-trends-innovation/5290> міжнародних стартапів і скейлапі.

15. What is Agricultural Biotechnology? U.S. Agency for International Development, Agricultural Biotechnology Support Project II, and the Program for Biosafety Systems. URL: [http://absp2.cornell.edu/resources/briefs/documents/warp\\_briefs\\_eng\\_scr.pdf](http://absp2.cornell.edu/resources/briefs/documents/warp_briefs_eng_scr.pdf).

16. Why regenerative agriculture. URL: <https://regenerationinternational.org/why-regenerative-agriculture/>