

УДК 338.431.2

С. О. Тен,  
аспірант кафедри економіки,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3928-7025>

DOI: 10.32702/2306-6792.2025.23.271

## РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ESG 4.0 ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНЕ ПІДГРУНТЯ ТРАНСФОРМАЦІЇ АГРАРНОГО БІЗНЕСУ ДО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНО-ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ

S. Ten,  
Postgraduate student of the Department of Economics,  
Dnipro State Agrarian and Economic University

### DEVELOPMENT OF ESG 4.0 ARCHITECTURE AS A FUNDAMENTAL BASIS FOR THE TRANSFORMATION OF AGRICULTURAL BUSINESS INTO AN INTELLECTUAL AND DIGITAL MANAGEMENT MODEL

В статті констатовано, що розробка архітектури ESG?4.0 є фундаментальною передумовою трансформації аграрного бізнесу до інтелектуально-цифрової моделі управління, яка інтегрує екологічні, соціальні та управлінські показники з цифровими технологіями четвертої промислової революції. Проаналізовано етапи еволюції розвитку ESG та коротко охарактеризовано їх відмінні риси. Сфокусовано увагу на сучасному етапі розвитку ESG-ініціативи. Сформовано авторське визначення поняття "архітектура ESG?4.0". Запропоновано алгоритм розробки архітектури ESG?4.0 за цифрово-аналітичним підходом. Обґрунтовано, що впровадження архітектури ESG?4.0 формує інтегровану платформу для моніторингу, моделювання та прогнозування ESG показників у реальному часі, що сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень і підвищенню ефективності бізнес-процесів. Акцентовано, що інтеграція архітектури ESG-4.0 до моделі бізнесу аграрних підприємств підвищить їх конкурентоспроможність, стимулюватиме інноваційний розвиток та економічне зростання, забезпечуючи при цьому прозоре звітування перед інвесторами та стейкхолдерами, перетворюючи ESG-ініціативи на стратегічний драйвер сталого розвитку.

The article states that the development of ESG 4.0 architecture is a fundamental prerequisite for transforming agribusiness into an intelligent digital management model that integrates environmental, social, and governance indicators with the digital technologies of the Fourth Industrial Revolution. The stages of ESG development are analysed, and their distinctive features are briefly described. The focus is on the current stage of development of the ESG initiative. It is emphasised that the transformation of agribusiness into an intelligent digital management model requires the development of ESG 4.0 architecture. The author's definition of the concept of 'ESG 4.0 architecture' is formed. It is emphasized that ESG 4.0 architecture should be understood as an integrated system for organizing agribusiness using a digital-analytical approach, in which priority is given to the automated collection and processing of ESG data (IoT, digital twins), its analysis and forecasting (artificial intelligence, big data), ensuring transparency and reliability of information (blockchain, smart contracts), which allows ESG initiatives to become a driver of economic growth and long-term competitiveness. A methodology for developing ESG 4.0 architecture is proposed, based on a digital-analytical approach that involves the automated collection and processing of ESG data using IoT, digital twins, artificial intelligence, and big data. This approach ensures the transparency and reliability of information with blockchain and smart contracts. It is substantiated that the implementation of ESG 4.0 architecture forms an integrated platform for monitoring, modelling, and forecasting ESG indicators in real-time, which contributes to informed management

decisions and increased business process efficiency. It is emphasised that the integration of ESG-4.0 architecture into the business model of agricultural enterprises will increase their competitiveness, stimulate innovative development and economic growth, while ensuring transparent reporting to investors and stakeholders, transforming ESG initiatives into a strategic driver of sustainable development.

*Ключові слова: ESG-ініціати́ва, архітекту́ра ESG, інтелектуально-цифрова модель управлі́ння, трансформа́ція аграрного бізнесу, цифро́во-аналітичний підхі́д.*

*Key words: ESG initiative, ESG architecture, intelligent digital management model, agricultural business transformation, digital analytical approach.*

## ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного бізнесу відбувається в умовах глибоких економічних, технологічних та екологічних трансформацій, що зумовлюють необхідність переходу від традиційних моделей управління до інноваційних підходів, орієнтованих на сталість, екологічну відповідальність та ефективне використання ресурсів. Глобальні тенденції цифровізації, розбудова інтелектуальних виробничо-логістичних систем, посилення вимог до екологічної безпеки та соціальної відповідальності формують нову парадигму розвитку агросектору, в основі якої лежать ESG-принципи (Environmental, Social, Governance).

За таких умов традиційні моделі функціонування аграрного бізнесу, орієнтовані переважно на виробничу ефективність, вже не здатні забезпечити необхідний рівень адаптивності, стійкості та конкурентоспроможності. Тож, сучасні агропідприємства мають інтегрувати принципи екологічної відповідальності, соціальної сталості та належного корпоративного управління у всі ланки логістичного та виробничого циклу, що формує потребу у переході до якісно нової моделі управління.

Найявні ж підходи до впровадження сталого розвитку більше не відповідають сучасним технологічним викликам, оскільки класичні ESG-моделі мають суттєві обмеження в умовах швидкої цифровізації та інтеграції інтелектуальних систем. Відтак, постає питання переходу до ESG 4.0, що передбачає поєднання сталих принципів розвитку з цифровими технологіями нового покоління: Інтернет речей (IoT), штучним інтелектом (AI), машинним навчанням (ML), блокчейном, цифровими двійниками (Digital Twins), великими даними (Big Data) та хмарними сервісами.

Очікується, що запровадження ESG 4.0 в аграрному секторі надасть можливість побудови інтелектуально-цифрової моделі управління. А отже, і забезпечить: комплексний контроль стану ґрунтів, водокористування, викидів, енергоспоживання, соціальних показників і управлінських процесів; точність прогнозування; мініміза-

цію ризиків природних і ринкових коливань; прозорість ланцюгів поставок; створення умови для еко- та соціально-відповідального бізнесу [1].

Проте, перехід аграрного сектору на ESG 4.0 є непростим, оскільки агробізнес стикається з низкою викликів, серед яких: складність геополітичної ситуації [2, с. 623], фрагментарність нормативно-правового забезпечення [3, с.94], відсутність уніфікованих методологічних підходів [4], недостатній рівень підготовки управлінського персоналу до роботи в умовах ESG-орієнтованої моделі [5, с.138], обмежений доступ до сучасних цифрових інструментів, а також недостатня інтеграція екологічних та соціальних критеріїв у їх стратегічне планування [6, с.50]. Це зумовлює потребу в розробці архітектури переходу до ESG 4.0, здатної стати фундаментальним підґрунтям та системоутворюючим каркасом для системної трансформації аграрного бізнесу, запровадження якої сприятиме створенню нових управлінських протоколів, оптимізації процесів прийняття рішень, підвищенню стійкості аграрних підприємств, забезпеченню прозорості та відповідальності, а також формуванню умов для інтеграції українського агробізнесу до європейських та глобальних ланцюгів сталого постачання.

## АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Аналіз літературних джерел свідчить, що наукові дослідження останніх років демонструють значний інтерес до трансформації ESG-підходів, їх еволюції від філантропічно орієнтованих моделей до стратегічно та технологічно інтегрованих систем, здатних забезпечити комплексний моніторинг і прогнозування ключових показників. Зокрема, Alkaraan F., Albitar K. та ін. наголошують, що протягом останнього десятиліття підприємства зазнали суттєвої трансформації виробничих процесів — від планування та розроблення продукції до управління ланцюгами постачання, закупівель і маркетингу, що значною мірою зумовлено

активним упровадженням ESG-ініціатив [7]. Sato, R.S., Gotz, J.D., Borsato, M. та ін. підкреслюють, що інтеграція ESG-орієнтованих практик у виробничі та управлінські процеси створила передумови для підвищення екологічної та соціальної результативності підприємств [8], переходу до зелених та цифрових ланцюгів поставок, "зеленої сервітизації" [9], а також забезпечила формуванню більш прозорих і відповідальних моделей корпоративного управління [10]. Тож, як відмічає Heng L., ESG-ініціативи не лише посилюють технологічну ефективність, екологічну та соціальну відповідальність, а й забезпечують загальні умови для сталого розвитку [11].

Втім, не дивлячись на позитивний вплив ESG-підходів, їх упровадження в аграрному секторі має свою специфіку [12, с. 68], пов'язану з високою волатильністю аграрних ринків, залежністю від природно-кліматичних факторів, складністю ланцюгів постачання та необхідністю інтеграції цифрових технологій для збору, аналізу та прогнозування ESG-показників у реальному часі. Відтак, інтеграція екологічного, соціального та управлінського вимірів за ESG 4.0 у діяльність агропідприємств потребує на розробку концептуальної архітектури за системним підходом, який би дозволив враховувати міжгалузеві зв'язки, екосистемні взаємодії, потреби зацікавлених сторін [5, с. 137], а також стратегічні вектори розвитку [13, с. 221].

Втім, не дивлячись на широке коло наявних наукових напрацювань, даному питанню до тепер не надано належної уваги, що суттєво ускладнює побудову інноваційної, відповідальної та конкурентоспроможної моделі розвитку аграрного бізнесу. Саме це й визначає актуальність і практичну значущість даного дослідження, спрямованого на пошук архітектурного рішення та формування механізмів впровадження ESG 4.0 у діяльність аграрних підприємств.

### МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження — розробка цілісної архітектури ESG 4.0, яка сприятиме прискоренню трансформації аграрного бізнесу до інтелектуально-цифрової моделі управління, здатної забезпечити сталий розвиток та довгострокову конкурентоспроможність.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відновлення та розвиток агропромислового сектору України, як одного з ключових компонентів національної економіки, потребує впровадження інноваційних підходів до управління, які враховують не лише економічну ефективність,

але й екологічну стабільність та соціальну відповідальність. У цьому контексті ESG-стратегії стають незамінним інструментом, що допомагає підприємствам адаптуватися до сучасних викликів і досягати довгострокового успіху [12, с. 69].

Проте ESG-стратегії здебільшого сконструйовані для функціонування в умовах відносно стабільної геополітичної ситуації, передбачуваних ланцюгів поставок та поступальної, лінійної динаміки досягнення цілей сталого розвитку. Сучасне ж середовище характеризується посиленням системної та каскадної невизначеності [14], зумовленої загостренням кліматичної кризи, трансформацією глобальних торговельних маршрутів під впливом геополітичних конфліктів, прискореним поширенням технологій штучного інтелекту та ін. взаємопов'язаними чинниками, які у своїй взаємодії створюють певну конвергенцію ризиків.

З цього приводу Пол Клементс-Хант, автор терміну ESG, зазначає, що така конвергенція вимагає нового операційного мислення — такого, яке виходить за рамки уникнення ризиків та дотримання вимог [15]. На його переконання, в умовах зростаючої турбулентності вже недостатньо забезпечувати пасивну стійкість; ключовим стає здатність організацій навчатися, адаптуватися та трансформувати зовнішні виклики у ресурси розвитку [16]. Ця логіка концептуально узгоджується з еволюцією ESG, що пройшла шлях від філантропічних та реактивних практик (ESG 1.0), через інтеграцію комплаєнсу та соціально-екологічних показників у стратегії та управлінські процеси (ESG 2.0), аналітичну підтримку рішень із використанням технологій (ESG 3.0) до інтелектуально-цифрової моделі управління (ESG 4.0), заснованої на використанні масштабних даних, штучного інтелекту і платформних рішень для підвищення стійкості та інноваційності підприємств (рис. 1).

З огляду на це, для глибшого розуміння змісту сучасної парадигми ESG 4.0 та обґрунтування її релевантності для аграрного сектору вважаємо доцільним коротко охарактеризувати ключові особливості кожного з етапів її еволюції:

перший етап розвитку — корпоративно-соціальної відповідальності (КСВ), умовно позначений як ESG 1.0, був переважно морально-етичною та філантропічною фазою, орієнтованою на "творення добра". У цей період компанії зосереджувалися на благодійності, підтримці місцевих громад, культурних та освітніх ініціативах, а екологічні програми мали добровільний характер.

ESG-підходи на цьому етапі носили декларативний характер і не були інтегровані у стратегічні або операційні процеси підприємств. Основною мотивацією бізнесу було формування позитивно-

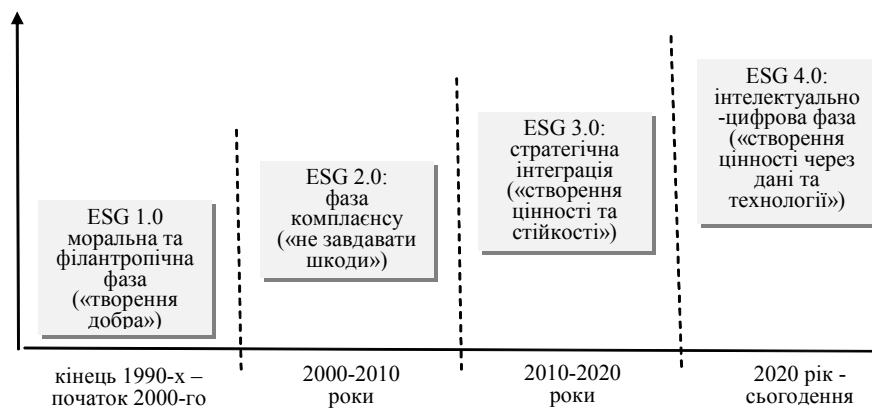


Рис. 1. Еволюція розвитку ESG: від 1.0 — до 4.0

Джерело: [14].

го іміджу та підвищення довіри з боку суспільства, інвесторів і споживачів, що відповідало концепції корпоративної соціальної відповідальності [17, с. 271]. Економічна вигода від реалізації ESG-практик у цей період не розглядалася як пріоритетна; такі ініціативи часто фінансувалися за залишковим принципом, а їх ефективність оцінювалася за критеріями соціальної оцінки та репутаційного впливу. Незважаючи на це, концепція ESG 1.0 створила фундамент для подальшого розвитку концепції сталого бізнесу, сформувавши базові підходи до взаємодії корпорацій із зовнішніми стейкхолдерами та підкреслив важливість соціальної відповідальності як невід'ємного аспекту корпоративної культури [18, с. 82];

другий етап — ESG 2.0, відзначався переходом від морально-етичної філантропії до нормативно-комплаєнсного підходу, що базувався на принципі "не завдавати шкоди". У цей період компанії систематизували внутрішні політики та процедури, спрямовані на дотримання законодавчих, галузевих та міжнародних стандартів, зокрема у сфері охорони довкілля, трудових прав та корпоративного управління. Основним принципом ESG 2.0 стало "не завдавати шкоди", що передбачало мінімізацію ризиків для суспільства, довкілля та бізнесу одночасно. Наукові дослідження того періоду [19] підкреслюють, що інтеграція комплаєнсу у бізнес-процеси дозволила компаніям уникнути юридичних та фінансових санкцій, забезпечити прозорість у взаємодії з інвесторами та регуляторними органами, а також формалізувати систему оцінки соціальних і екологічних ризиків. Проте ESG 2.0 залишався здебільшого реактивним механізмом управління: компанії діяли у відповідь на зовнішні вимоги та загрози, а стратегічна цінність ESG-практик для бізнесу залишалася обмеженою. Ця фаза, хоча і підвищила формалізацію ESG-процесів, втім не забезпечила повної інтеграції сталого розвитку у довгострокові бізнес-стратегії, що створило передумо-

ви для наступної еволюційної фази;

третій етап — ESG 3.0 позначився переходом до стратегічної інтеграції сталого розвитку у корпоративні моделі управління. Бізнес починає розглядати екологічні, соціальні та управлінські чинники як джерело додаткової цінності та конкурентної переваги, включаючи їх у процеси інновацій, оптимізації ресурсів та стратегічного розвитку. Впровадження

ESG у стратегічне управління дозволяє компаніям оцінювати вплив на стейкхолдерів та довкілля, а також забезпечує дотримання міжнародних стандартів звітності (GRI, SASB, TCFD) [20]. Тож, ESG 3.0 не лише мінімізує ризики, а й активно формує економічну, соціальну та екологічну цінність, що стає ключовим фактором довгострокової стійкості та розвитку бізнесу;

сучасний етап — ESG 4.0, відображає трансформацію ESG у цифрово-інтелектуальну парадигму, де сталий розвиток інтегрується у всі рівні управління агробізнесом через технології Індустрії 4.0 [21], такі як штучний інтелект (AI), Інтернет речей (IoT), великі дані (Big Data), блокчейн, цифрові двійники та хмарні платформи, які у сукупності відкривають можливості формування інтелектуально-цифрової моделі управління, здатної забезпечувати проактивне реагування на зовнішні збурення та одночасно підвищувати економічну, екологічну й соціальну результативність. Підвищена волатильність, зміни клімату, нестабільність ланцюгів постачання та зростання вимог до прозорості виробництва роблять цифровізацію ESG-процесів не просто бажаною, а необхідною передумовою забезпечення довгострокової стійкості агропідприємств.

У межах такої парадигми ESG перестає бути периферійним елементом корпоративної стратегії та перетворюється на ключовий інфраструктурний компонент, що формує здатність агробізнесу функціонувати, адаптуватися й розвиватися в умовах системної невизначеності. Саме з цієї причини особливо актуальним стає формування цілісної архітектури ESG 4.0, яка б поєднувала дані, технології, управлінські практики та інституційні механізми в єдину інтегровану систему управління.

Фундаментальним підґрунтям її розробки має бути чітке розуміння змісту поняття "архітектура ESG 4.0". Виходячи з її призначення, вважаємо доцільним під архітектурою ESG 4.0 розуміти інтегровану систему організації агробізнесу за

цифрово-аналітичним підходом, за якого пріоритет надається автоматизованому збору та обробці ESG даних (IoT, цифрові двійники), їх аналітиці та прогнозуванню (штучний інтелект, великі дані), забезпеченню прозорості та достовірності інформації (блокчейн, смарт-контракти), що робить ESG-ініціативи драйвером економічного зростання та довгострокової конкурентоспроможності.

Утім, повноцінне функціонування такої архітектури неможливе без належної організації взаємодії між усіма учасниками процесу. Саме тому розробка архітектури ESG 4.0 має ґрунтуватися на принципах партисипативного діалогу — багатостороннього процесу комунікації та спільного ухвалення рішень, у межах якого всі залучені стейкхолдери виступають активними учасниками формування цілей, оцінки ризиків, визначення пріоритетів і вироблення узгоджених дій. Тобто, має ґуртуватись на принципах рівності, відкритості, прозорості та колективної відповідальності, забезпечуючи взаємну адаптацію інтересів і досягнення консенсусу щодо управлінських рішень, що підсилить легітимність рішень, упередить конфліктність взаємодії та зрештою сприятиме посиленню ефективності реалізації політики сталого розвитку. Вона має не лише забезпечувати технологічну інтеграцію даних та автоматизацію аналітичних процесів, а й створювати середовище спільної відповідальності, у межах якого екологічні, соціальні та управлінські рішення формуються синхронно з очікуваннями стейкхолдерів і стратегічними орієнтирами аграрних підприємств.

Саме тому архітектура ESG 4.0 може розглядатися як багаторівнева система, що об'єднує чотири взаємопов'язані компоненти. Кожен із них виконує визначену функцію, спрямовану на інтеграцію цифрових технологій, аналітичних ресурсів та управлінських практик, забезпечуючи цілісність і ефективність управлінської моделі:

- управлінсько-стратегічний модуль, що визначає принципи інтеграції екологічних, соціальних та управлінських параметрів у корпоративні стратегії, бізнес-процеси й інвестиційні рішення та завдяки цифровим технологіям дозволяє зорієнтувати управління не на "реактивність", а на випереджувальну адаптацію;

- інституційно-регуляторний модуль, який охоплює стандарти, правила, галузеві практи-



**Рис. 2. Схематичне зображення складових цілісної архітектури ESG 4.0**

Джерело: розробка автора.

ки та механізми взаємодії зі стейкхолдерами. ESG 4.0 передбачає не лише відповідність вимогам, а й формування нових стандартів прозорості через цифрові платформи, блокчейн-реєстри та автоматизовану верифікацію даних;

- екосистемно-колаборативний модуль, що інтегрує підприємства, наукові інституції, технологічних провайдерів, громади та державні структури у спільні мережі співпраці, забезпечуючи у такий спосіб циркуляцію даних, прискорення інновацій та підсилення протистояння аграрних підприємств викликам невизначеності;

- цифрово-аналітичний модуль, який охоплює інструменти збору, обробки та інтерпретації даних (Big Data, AI, машинне навчання, сенсорні мережі, дистанційне зондування Землі) та сприяє прийняттю науково-обґрунтованих рішень в режимі реального часу (рис. 2).

Для аграрного сектору така багаторівнева система є особливо релевантною, оскільки агробізнес — це складний простір перетину екологічних, соціальних та технологічних процесів, що робить його природним середовищем для впровадження ESG 4.0. Цифрові ферми, супутниковий моніторинг, системи точного землеробства, прогнозні моделі врожайності, сертифікація ланцюгів створення вартості через блокчейн — усе це формує основу для нової моделі управління агробізнесом, в якій ESG-метрики стають інтеактивними, оперативними та верифікованими.

Проте технологічний потенціал сам по собі не гарантує результативності ESG-трансформації: він потребує системної організації, стандартизації та методично вибудованої логіки впровадження, а отже, і визначення етапів розробки архітектури ESG 4.0, які забезпечать комплексне поєднання цифрових інструментів, управлінських практик та інституційних вимог у єдину інтегровану систему (рис. 3).

Отже, маємо підстави констатувати, що розробка архітектури ESG 4.0 є не лише концепту-

|                               |                                                                                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Аналітичний етап              | Аналіз існуючої ESG-моделі, оцінка рівня цифровізації підприємства та визначення прогалин в стратегічному та оперативному управлінні |
| Формування моделі             | Розробка структури ESG 4.0, що включає чотири взаємопов'язані рівні: технологічний, екологічний, соціальний та управлінський         |
| Моделювання взаємодії         | Моделювання даних для створення логічних та функціональних моделей, що описують взаємозв'язок між компонентами архітектури           |
| Розробка платформи            | Створення платформи ESG 4.0 із використанням хмарних рішень, автоматизованих систем, AI-алгоритмів та блокчейн-технологій            |
| Тестування та оптимізація     | Перевірка архітектури ESG 4.0 за методами сценарного аналізу та індикаторами ефективності, оптимізація алгоритмів управління         |
| Впровадження та масштабування | Адаптація архітектури ESG 4.0 до специфіки аграрних сегментів та подальше масштабування                                              |

**Рис. 3. Етапологія розробки архітектури ESG 4.0 трансформації аграрного бізнесу до інтелектуально-цифрової моделі управління**

Джерело: розробка автора.

альною, а й практичною передумовою трансформації аграрного бізнесу до інтелектуально-цифрової моделі управління. Оскільки вона спрямована на забезпечення комплексної інтеграції екологічних, соціальних та управлінських показників із сучасними цифровими технологіями, що дозволить: автоматизувати збір та обробку ESG-даних, проводити аналітику та прогнозування в режимі реального часу, забезпечувати прозорість і достовірність інформації, а також підтримувати прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Впровадження такої архітектури сприятиме підвищенню стійкості та конкурентоспроможності підприємств завдяки своєчасному реагуванню на системні та каскадні ризики, мінімізації конфліктності взаємодії та зміцненню легітимності управлінських рішень.

Тож, розробка та впровадження архітектури ESG 4.0 у агробізнесі перетворює ESG-ініціативи з декларативного інструмента на стратегічний драйвер сталого розвитку, забезпечуючи інтеграцію технологій, управлінських практик і партнерської взаємодії, що підвищує ефективність і довгострокову адаптивність агропідприємств у динамічних умовах сучасного середовища.

### ВИСНОВКИ

Таким чином, в процесі дослідження доведено, що перехід аграрного сектору до ESG 4.0 є стратегічно необхідним кроком для забезпечення стійкості, конкурентоспроможності та інноваційного розвитку підприємств у умовах системної невизначеності, високої волатильності ринків, кліматичних ризиків і зростання вимог до прозорості виробництва. Оскільки ESG 4.0 перетворює традиційні підходи до сталого розвитку, що у попередні роки обмежувалися комплаєнсом та філантропією, на інтелектуаль-

но-цифрову модель управління, інтегруючи дані, аналітику, цифрові технології та управлінські практики в єдину систему.

Впровадження в агробізнесі архітектури ESG 4.0 дозволить поєднати цифрово-аналітичні, управлінсько-стратегічні, інституційно-регуляторні та еко-системно-колаборативні модулі у такий спосіб забезпечити комплексний підхід до управління екологічними, соціальними та корпоративними аспектами діяльності агропід-

приємств. Така архітектура сприятиме прозорості та достовірності даних, ефективності прийняття рішень та оптимізації ланцюгів постачання, формуванню середовища спільної відповідальності та партисипативного управління, де всі стейкхолдери будуть залучені до визначення цілей, пріоритетів та оцінки ефективності ESG-процесів, що забезпечить підвищення легітимності управлінських рішень та узгодження інтересів різних учасників, підсилить конкурентоспроможність і створить умови для економічного зростання агробізнесу в умовах високої турбулентності та системної невизначеності.

### Література:

1. Alkaraan F., Albitar K., Hussainey K., Venkatesh V. (2022). Corporate transformation toward Industry 4.0 and financial performance: The influence of environmental, social, and governance (ESG). *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 175, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121423>.
2. Левченко Н., Левченко С. Управління ризиками ESG-інвестування проектів зі сталого розвитку компаній, розташованих у зоні геополітичного конфлікту. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. С. 623—631. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.623>
3. Datsii O., Levchenko N., Shyshkanova G., Dmytrenko R., Abuselidze G. (2021). State Decoupling Audit of Low-Carbon Agricultural Production. *Rural sustainability research*. Vol. 45, pp. 93-112. DOI:10.2478/plua-2021-0011
4. Tkachenko A., Levchenko N., Pozhuieva T., Sevastyanov R. and Levchenko S. Modified assessment methodology ESG competitiveness of enterprises to a new generation of investors. *ICSF-2023*. Kryvyi Rih, Ukraine. DOI 10.1088/1755-1315/1254/1/012126

5. Скорик, М., & Мужайло, Р. (2025). Модель сталого розвитку агробізнесу: синергія циркулярності, esg-стандартів і соціального партнерства. *Український економічний часопис*, (9), 136—142. <https://doi.org/10.32782/2786-8273/2025-9-23>

6. Вініченко І.І., Дідур К.М., Добродзій Т.В. Інвестиції в сільське господарство як головне джерело досягнення продовольчої безпеки України. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. № 1. С. 49—55. DOI: 10.32702/2306-6814.2024.1.49

7. Peixoto, J.A., de bem Machado, A., Morbach, J., Tramontina, A.C., Richter, M. (2025). ESG in an Industry 4.0 Context: A Promising Encounter. *Environmental, Social, Governance and Digital Transformation in Organizations. Information Systems Engineering and Management*. Vol 35. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-86079-9\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-031-86079-9_21)

8. Sato, R.S., Gotz, J.D., Borsato, M., Macedo, F.P., Michalick, E.D. (2026). Quality 4.0 as a Driver for Corporate Sustainability: An Approach for Integrating ESG Strategy into Business Operations. *The Future of Automation and Manufacturing: Intelligence, Agility, and Sustainability. FAIM 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-07675-5\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-032-07675-5_51)

9. Kumar M., Raut R., Mangla S., Chowdhury S., Choubey V. (2024). Moderating ESG compliance between industry 4.0 and green practices with green servitization: Examining its impact on green supply chain performance. *Technovation*. Vol. 129, <https://doi.org/10.1016/j.technovation.-2023.102898>

10. Kolling G., Andrade G., Peixoto V. (2022). ESG empreendedorismo sustentavel e as perspectivas da industria 4.0 no agronegocio. *Strong*. Vol.3. DOI: <https://doi.org/10.58941/26760452/v2.n3.37>

11. Heng L. (2024). An overview of ESG and Industry 5.0 integration in project sustainability. *Industry 5.0: Design, standards, techniques and applications for manufacturing* [https://doi.org/10.1049/PBME026E\\_ch12](https://doi.org/10.1049/PBME026E_ch12)

12. Лагодієнко О.В. Сталий розвиток агропромислових підприємств України через ESG стратегії. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. № 17. С.67—72. DOI: 10.32702/2306-6814.-2024.17.67

13. Кифяк В.І., Дубінський Р.В. Інституційна система сталого розвитку аграрного сектора: механізм адаптації в умовах флуктуацій. *Сталий розвиток економіки*. 2024. 1 (48). С. 220—227. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-48-31>

14. Heukelom T. (2025). ESG at the Cutting-Edge: Building Systems that Learn, Adapt, and Benefit from Change. *ESGtoday* URL: <https://www.esgtoday.com/guest-post-esg-at-the-cutting-edge-building-systems-that-learn-adapt-and-benefit-from-change/>

15. ESG 4.0 — Complex Converging Systemic Risk (CCSR) in an Autocratic World, *Blended Capital*, 2025. URL: <https://blended.capital/esg4/>

16. Оганісян А.А. Бізнес-моделі реалізації стратегії аграрного виробництва. *Агросвіт*. 2024. № 6. С. 168—176. DOI: 10.32702/2306-6792.2024.6.168

17. Carroll, A.B. (1999). Corporate social responsibility: Evolution of a definitional construct. *Business & Society*. Vol. 38 (3), 268—295. <https://doi.org/10.1177/000765039903800303>

18. Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2006). Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Harvard Business Review*. Vol. 84 (12), pp. 78—92. URL: <https://hazrevista.org/wp-content/uploads/strategy-society.pdf>

19. Eccles, R. G., & Krzus, M. P. (2010). One Report: Integrated Reporting for a Sustainable Strategy. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9781119199960

20. Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210—233. <https://doi.org/10.1080/20430795.-2015.1118917>

21. Saxena A., Singh R., Gehlot A., Akram S., Twala B., Singh A., Montero E. and Priyadarshi N. (2023). Technologies Empowered Environmental, Social, and Governance (ESG): An Industry 4.0 Landscape. *Sustainability*. Vol. 15. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/1/309>

#### References:

1. Alkaraan, F., Albitar, K., Hussainey, K., & Venkatesh, V. (2022), "Corporate transformation toward Industry 4.0 and financial performance: The influence of environmental, social, and governance (ESG)", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 175. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121423>

2. Levchenko, N., & Levchenko, S. (2025), "Risk management of ESG-investment in sustainable development projects of companies located in geopolitical conflict zones", *Economic Analysis*, vol. 35, pp. 623—631. <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.623>

3. Datsii, O., Levchenko, N., Shyshkanova, G., Dmytrenko, R., & Abuselidze, G. (2021), "State

decoupling audit of low-carbon agricultural production", *Rural Sustainability Research*, vol. 45, pp. 93—112. <https://doi.org/10.2478/plua-2021-0011>

4. Tkachenko, A., Levchenko, N., Pozhuieva, T., Sevastyanov, R., & Levchenko, S. (2023), "Modified assessment methodology ESG competitiveness of enterprises to a new generation of investors", *ICSF-2023, Kryvyi Rih, Ukraine*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012126>

5. Skoryk, M., & Muzhailo, R. (2025), "Sustainable development model of agribusiness: Synergy of circularity, ESG standards, and social partnership", *Ukrainian Economic Journal*, vol. 9, pp. 136—142. <https://doi.org/10.32782/2786-8273/2025-9-23>

6. Vinichenko, I. I., Didur, K. M., & Dobrodziy, T. V. (2024), "Investments in agriculture as a key source of achieving food security in Ukraine", *Investments: Practice and Experience*, vol. 1, pp. 49-55. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.-2024.1.49>

7. Peixoto, J. A., de Bem Machado, A., Morbach, J., Tramontina, A. C., & Richter, M. (2025), "ESG in an Industry 4.0 context: A promising encounter", *Environmental, Social, Governance and Digital Transformation in Organizations. Information Systems Engineering and Management*, vol. 35. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-86079-9\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-031-86079-9_21)

8. Sato, R. S., Gotz, J. D., Borsato, M., Macedo, F. P., & Michalick, E. D. (2026), "Quality 4.0 as a driver for corporate sustainability: An approach for integrating ESG strategy into business operations", *The Future of Automation and Manufacturing: Intelligence, Agility, and Sustainability. FAIM 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-07675-5\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-032-07675-5_51)

9. Kumar, M., Raut, R., Mangla, S., Chowdhury, S., & Choubey, V. (2024), "Moderating ESG compliance between Industry 4.0 and green practices with green servitization: Examining its impact on green supply chain performance", *Technovation*, vol. 129. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102898>

10. Kolling, G., Andrade, G., & Peixoto, V. (2022), "ESG empreendedorismo sustentavel e as perspectivas da industria 4.0 no agronegocio", *Strong*, vol. 3. <https://doi.org/10.58941/26760452/v2.n3.37>

11. Heng, L. (2024), "An overview of ESG and Industry 5.0 integration in project sustainability", *Industry 5.0: Design, standards, techniques and applications for manufacturing*. [https://doi.org/10.1049/PBME026E\\_ch12](https://doi.org/10.1049/PBME026E_ch12)

12. Lahodienko, O. V. (2024), "Sustainable development of agro-industrial enterprises of Ukraine through ESG strategies", *Investments: Practice and Experience*, vol. 17, pp. 67—72. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.-17.67>

13. Kifyak, V. I., & Dubinsky, R. V. (2024), "Institutional system of sustainable development of the agricultural sector: Adaptation mechanism under fluctuations", *Sustainable Development of Economy*, vol. 1(48), pp. 220—227. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-48-31>

14. Heukelom, T. (2025), "ESG at the cutting-edge: Building systems that learn, adapt, and benefit from change", *ESG Today*, available at: <https://www.esgtoday.com/guest-post-esg-at-the-cutting-edge-building-systems-that-learn-adapt-and-benefit-from-change/> (Accessed 15 Nov 2025).

15. Blended Capital (2025), "ESG 4.0 — Complex converging systemic risk (CCSR) in an autocratic world", available at: <https://blended-capital/esg4/> (Accessed 15 Nov 2025).

16. Oganisyan, A. A. (2024), "Business models for implementing agricultural production strategy", *Agrosvit*, vol. 6, pp. 168—176. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.6.168>

17. Carroll, A. B. (1999), "Corporate social responsibility: Evolution of a definitional construct", *Business & Society*, vol. 38 (3), pp. 268—295. <https://doi.org/10.1177/000765039903800303>

18. Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2006), "Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility", *Harvard Business Review*, vol. 84 (12), pp. 78—92, available at: <https://hazrevista.org/wp-content/uploads/strategy-society.pdf> (Accessed 15 Nov 2025).

19. Eccles, R. G., & Krzus, M. P. (2010), *One report: Integrated reporting for a sustainable strategy*. John Wiley & Sons. Hoboken. USA. <https://doi.org/10.1002/9781119199960>

20. Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015), "ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies", *Journal of Sustainable Finance & Investment*, vol. 5(4), pp. 210—233. <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>

21. Saxena, A., Singh, R., Gehlot, A., Akram, S., Twala, B., Singh, A., Montero, E., & Priyadarshi, N. (2023), "Technologies empowered environmental, social, and governance (ESG): An Industry 4.0 landscape", *Sustainability*, vol. 15, available at: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/1/309> (Accessed 15 Nov 2025).

*Стаття надійшла до редакції 25.11.2025 р.*