



Стала економіка

УДК: 656.615:004.94(477)

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.14258728>

Моделі цифрової трансформації портової діяльності у світовій практиці та адаптація до умов України

Баришнікова Віра В'ячеславівна

кандидат економічних наук, доцент, кафедра економіки і фінансів, Одеський
національний морський університет

м. Одеса, Україна,

<https://orcid.org/0000-0002-5068-9884>

Сінченко Дмитро Леонідович

аспірант, кафедра економіки і фінансів, Одеський національний морський
університет

м. Одеса, Україна,

<https://orcid.org/0009-0004-9869-9776>

Прийнято: 16.11.2024 | Опубліковано: 02.12.2024

***Анотація.** У статті встановлено, що цифрова трансформація портової діяльності є ключовим напрямом підвищення ефективності логістичних систем, інтеграції в глобальні транспортні ланцюги та забезпечення конкурентоспроможності українських портів. Актуальність дослідження зумовлена масштабними викликами, які постали перед портовою галуззю України, зокрема в умовах повномасштабної війни, яка значно ускладнила доступ до портів, порушила експортні потоки та спричинила руйнування інфраструктури. У цих умовах упровадження*



сучасних цифрових технологій, як-от блокчейн, штучний інтелект, цифрові двійники та інтернет речей, визнано критично важливим для оптимізації логістичних процесів, скорочення витрат та відновлення ефективної роботи портів.

Визначено, що метою дослідження є аналіз сучасних моделей цифрової трансформації у світовій практиці, ідентифікація основних проблем цифровізації портів України та розроблення рекомендацій щодо впровадження інноваційних рішень, які сприятимуть їх відновленню та розвитку. У роботі застосовано методи системного аналізу, порівняльного підходу для оцінювання цифрових технологій у міжнародній практиці.

У результаті дослідження виявлено, що основними бар'єрами цифровізації є інституційні, економічні та технічні проблеми. Встановлено, що до них належать: відсутність єдиної національної стратегії цифровізації, недостатність фінансування, низька інвестиційна привабливість галузі, застаріла інфраструктура портів. З'ясовано, що повномасштабна війна суттєво поглибила ці виклики, створивши додаткові перешкоди у вигляді руйнування портів, блокади морських шляхів та логістичних ризиків. Водночас зазначено, що цифровізація відкриває значний потенціал для підвищення прозорості, автоматизації процесів, скорочення впливу людського фактора та зниження екологічного навантаження.

У висновках наголошено на необхідності впровадження комплексної стратегії цифровізації портової діяльності, що включає модернізацію інфраструктури, розвиток цифрових компетенцій персоналу, створення інноваційних платформ для моніторингу та управління логістичними процесами. Рекомендовано приділити особливу увагу стимулюванню інвестицій через державно-приватне партнерство та інтеграцію міжнародного досвіду.

Перспективи подальших досліджень охоплюють розроблення моделей стійкого відновлення портів, детальний аналіз впливу цифрових технологій на соціально-економічний розвиток регіонів та оцінювання довгострокових



екологічних ефектів цифровізації портової діяльності. Зазначено, що ці аспекти забезпечать підґрунтя для стратегічного розвитку української портової галузі в післявоєнний період.

Ключові слова: цифровізація, портова діяльність, штучний інтелект, блокчейн, інтернет речей, цифрові двійники, логістика, конкурентоспроможність, відновлення, війна, публічно-приватне партнерство.

Models of Digital Transformation of Port Activities in the World Practice and Adaptation to the Conditions of Ukraine

Vira Baryshnikova

PhD in Economics, Associate Professor, Department of Economics and Finance,
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-5068-9884>

Dmytro Sinchenko

Postgraduate student, Department of Economics and Finance, Odessa National
Maritime University
Odessa, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0004-9869-9776>

Abstract: *The article establishes that the digital transformation of port activities is a key area for improving the efficiency of logistics systems, integration into global transport chains and ensuring the competitiveness of Ukrainian ports. The relevance of the study is due to the large-scale challenges faced by the port industry of Ukraine, in particular in the context of a full-scale war, which has significantly complicated access to ports, disrupted export flows and caused the destruction of infrastructure. In these circumstances, the introduction of modern digital technologies, such as blockchain, artificial intelligence, digital twins and the*



Internet of Things, is recognised as critical to optimising logistics processes, reducing costs and restoring the efficient operation of ports.

The purpose of the study is to analyse modern models of digital transformation in the world practice, identify the main problems of digitalisation of Ukrainian ports and develop recommendations for the implementation of innovative solutions that will facilitate their recovery and development. The study uses the methods of system analysis and comparative approach to assess digital technologies in international practice.

The study found that the main barriers to digitalisation are institutional, economic and technical problems. They include the lack of a unified national digitalisation strategy, insufficient funding, low investment attractiveness of the industry, and outdated port infrastructure. It is found that a full-scale war has significantly exacerbated these challenges, creating additional obstacles in the form of port destruction, blockade of sea routes, and logistical risks. At the same time, it is noted that digitalisation offers significant potential for increasing transparency, automating processes, reducing the impact of the human factor and reducing the environmental burden.

The conclusions emphasise the need to implement a comprehensive strategy for the digitalisation of port operations, including infrastructure modernisation, development of digital competencies of personnel, and creation of innovative platforms for monitoring and managing logistics processes. It is recommended that special attention be paid to stimulating investment through public-private partnerships and the integration of international experience.

Prospects for further research include the development of models for sustainable port recovery, a detailed analysis of the impact of digital technologies on the socio-economic development of regions, and an assessment of the long-term environmental effects of the digitalisation of port activities. It is noted that these aspects will provide the basis for the strategic development of the Ukrainian port industry in the post-war period.



Keywords: *digitalisation, port activity, artificial intelligence, blockchain, Internet of Things, digital twins, logistics, competitiveness, recovery, war, public-private partnership.*

Постановка проблеми. Цифрова трансформація портової діяльності є однією з ключових умов підвищення конкурентоспроможності та ефективності морської галузі в умовах глобалізації економіки. У світовій практиці цифрові моделі управління портовими процесами базуються на впровадженні таких інноваційних технологій, як блокчейн, штучний інтелект, інтернет речей та цифрові двійники. Ці технології дозволяють оптимізувати логістичні процеси, забезпечувати прогнозування технічного обслуговування та створювати екосистеми для обміну даними в реальному часі між усіма учасниками портового бізнесу. Проте в Україні з огляду на поточний стан портової інфраструктури, законодавчі бар'єри та зовнішньополітичну ситуацію адаптація цих моделей потребує особливого підходу.

Основна проблема полягає в невідповідності наявних портових систем сучасним світовим стандартам управління, що обмежує можливості країни в інтеграції до глобальних логістичних ланцюгів. Недостатній рівень автоматизації та цифровізації призводить до зниження ефективності процесів, збільшення операційних видатків і втрат через людський фактор. Це своєю чергою створює потребу в розробленні адаптивних моделей цифрової трансформації, які враховують специфіку українських портів і водночас відповідають вимогам міжнародної морської торгівлі.

Наукове завдання полягає у формуванні інтегрованої системи управління портами, що включає впровадження інноваційних рішень для автоматизації перевалки вантажів, обміну інформацією між зацікавленими сторонами та забезпечення кібербезпеки критичних об'єктів інфраструктури. Практичні завдання зводяться до розроблення рекомендацій для модернізації портової інфраструктури, створення стимулів для залучення інвестицій у



цифровізацію та інтеграції найкращих світових практик з урахуванням національних особливостей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження моделей цифрової трансформації портової діяльності охоплює різноманітні аспекти – від упровадження новітніх технологій до аналізу їх впливу на ефективність управління портами.

Важливість цифровізації портів Дунайського регіону досліджено в роботі V. Baryshnikova, L. Filina-Dawidovych, D. Sinchenko, які акцентують увагу на інтеграції цифрових платформ для управління вантажопотоками, підвищення конкурентоспроможності та адаптації до глобальних логістичних вимог. Особливу увагу приділено оптимізації операцій за допомогою автоматизованих систем, що є критично важливим у сучасному міжнародному логістичному середовищі [1].

А. Мурад'ян і О. Демидюков вивчають закордонний досвід цифрових трансформацій портів, аналізуючи застосування блокчейну, цифрових двійників та автоматизованих систем управління. Вони підкреслюють, що адаптація цих технологій до українських реалій може значно підвищити ефективність і прозорість операцій у національних портах, особливо в умовах відновлення після війни [2].

Дослідження E. Tijan et al. охоплює аспекти автоматизації управління морськими перевезеннями. Автори наголошують на ролі штучного інтелекту в прогнозуванні ризиків, мінімізації операційних збоїв та інтеграції портів у глобальні ланцюги постачання, а у висновках акцентують увагу на потребі міжнародної координації у впровадженні цифрових рішень [3].

Роль концепції «Індустрія 4.0» у розвитку портів досліджують I. de la Peña Zarzuelo, M. Soeane, B. Bermúdez, в їхній роботі сфокусовано на інтеграції сенсорних мереж, автоматизованих платформ і робототехніки, що дозволяє оптимізувати логістичні процеси та покращувати екологічну ефективність портової діяльності [4].



Вплив штучного інтелекту на логістику пасажирських і вантажних перевезень аналізує В. Харкава, наголошуючи на можливостях адаптації сучасних моделей до реалій України. Авторка доходить висновку, що інноваційні підходи сприяють підвищенню ефективності транспорту та забезпечують відповідність попиту на перевезення [5].

Ефективність запровадження цифрових рішень у морській логістиці проаналізовано в роботі Т. Chebanova та N. Datsenko, які акцентують увагу на оптимізації бізнес-процесів завдяки автоматизації управління та інтеграції даних. Науковці підкреслюють, що цифровізація створює умови для скорочення витрат і підвищення прозорості операцій [6].

О. Коростін розглядає застосування штучного інтелекту в плануванні вантажопотоків, зазначаючи, що автоматизація ключових процесів дозволяє оптимізувати маршрути перевезень, мінімізувати ризики затримок і знизити витрати. У роботі також наголошено на важливості розроблення спеціалізованого програмного забезпечення для управління логістичними операціями [7].

Інноваційні підходи до роботи портових операторів, а саме прогнозування вантажопотоків, автоматизацію операцій і розвиток цифрових компетенцій персоналу, досліджує А. Мурад'ян, підкреслюючи, що впровадження таких технологій сприяє підвищенню ефективності портової діяльності [8].

Роль цифрових трансформацій у забезпеченні стійкості портів під час збоїв у ланцюгах постачання аналізують Х. Не та ін. У дослідженні наголошено, що застосування технологій прогнозування ризиків і автоматизації операцій сприяє мінімізації впливу кризових ситуацій на логістичні процеси [9].

Аспекти використання світового досвіду у впровадженні концепції «розумних портів» в Україні розглянуто в роботі Д. Решеткова та І. Іванової.



Автори підкреслюють важливість автоматизованих систем моніторингу та управління для адаптації українських портів до глобальних стандартів [10].

Е. Kusumawati, К. Karjono, К. Karmanis досліджують інтегровані цифрові системи управління портами, які дозволяють оптимізувати логістичні операції, моніторинг та аналіз даних. Автори наголошують, що впровадження таких систем сприяє сталому розвитку портової діяльності [11].

Світові практики управління портами аналізують С. Русанова та М. Перепічко, акцентуючи увагу на адаптації інноваційних моделей управління до сучасних викликів і підкреслюючи, що цифрові технології дозволяють підвищити ефективність логістичних процесів і конкурентоспроможність портів [12].

В. Ромах розробив моделі управління морськими портами з акцентом на інтеграцію цифрових технологій. Автор зазначає, що впровадження автоматизованих систем дозволяє не лише оптимізувати операції, але й підвищити прозорість управлінських процесів [13].

Таким чином, розглянуті праці демонструють різні аспекти цифрової трансформації портової діяльності: від технологічних інновацій до їх адаптації до умов України. Ці дослідження створюють основу для формування адаптивних моделей цифровізації, які відповідають викликам сучасності та сприяють інтеграції українських портів у глобальні логістичні ланцюги.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на досягнення у вивченні цифрової трансформації портової діяльності, залишаються важливі аспекти, які не розглянуто. Однією з ключових прогалин є недостатньо вивчений процес адаптації таких сучасних технологій, як блокчейн, цифрові двійники та штучний інтелект, до умов України. Більшість досліджень зосереджено на успішних практиках розвинених країн, тоді як їх ефективне застосування в пошкодженій війною інфраструктурі залишається відкритим питанням.

Інституційні, економічні та технічні бар'єри цифровізації українських портів вивчено фрагментарно, особливо в контексті поточних викликів



повномасштабної війни. Відсутність єдиної національної стратегії, брак фінансування та міграція кваліфікованих кадрів значно ускладнюють реалізацію проєктів цифровізації, але ці аспекти не отримали достатнього аналізу в науковій літературі.

Соціально-економічні ефекти впровадження цифрових рішень, зокрема вплив на ринок праці, екологічну стійкість та регіональний розвиток, вивчено лише частково. Особливої уваги потребують питання автоматизації, яка може зменшити кількість традиційних робочих місць, та екологічні переваги, які можуть бути досягнуті завдяки впровадженню «зелених» технологій.

Питання створення ефективних моделей державно-приватного партнерства, фінансових інструментів підтримки та програм розвитку цифрових компетенцій персоналу також потребують подальшого дослідження.

Запропоноване дослідження спрямовано на подолання цих прогалин через аналіз адаптації міжнародного досвіду до умов України та впливу війни на інфраструктуру та створення рекомендацій для стійкого розвитку портової галузі. Це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українських портів та їх інтеграції в глобальні логістичні системи.

Формулювання цілей статті (постановка завдання).

Метою статті є аналіз світових практик цифрової трансформації портової діяльності та визначення шляхів їх адаптації до умов України з урахуванням сучасних проблем у морській галузі.

Завдання статті:

- 1) дослідити сучасні технології та методи цифрової трансформації портової діяльності в міжнародній практиці;
- 2) визначити ключові проблеми, що перешкоджають цифровізації портової інфраструктури України, зокрема інституційні, економічні та технічні бар'єри;



3) вивчити соціально-економічні ефекти впровадження цифрової трансформації портової діяльності в Україні, зокрема вплив на ринок праці, екологію та регіональний розвиток;

4) розробити практичні рекомендації для ефективного впровадження цифрових рішень в українських портах, зокрема щодо модернізації інфраструктури, стимулювання інвестицій і розвитку цифрових компетенцій персоналу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифрова трансформація портової діяльності в міжнародній практиці є ключовим напрямом підвищення ефективності та конкурентоспроможності сучасних портів. Інноваційні технології, як-от інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), блокчейн, цифрові двійники та автоматизовані системи управління, забезпечують новий рівень автоматизації, безпеки та екологічної стійкості. Вони дозволяють оптимізувати роботу портової інфраструктури, покращити координацію між учасниками логістичних процесів та значно знизити операційні витрати.

Таблиця 1

Основні технології цифрової трансформації портової діяльності

Технологія	Функції	Результати впровадження
Інтернет речей (IoT)	Збір та передача даних для моніторингу стану вантажів, обладнання та умов експлуатації	Зменшення простоїв, підвищення точності обліку, зниження витрат на обслуговування
Штучний інтелект (AI)	Аналіз великих даних для оптимізації управління ресурсами, перевезеннями та технічного обслуговування	Підвищення продуктивності, зменшення людського фактора, автоматизація процесів
Блокчейн	Забезпечення прозорості, захищеності даних та автоматизації документообігу	Зниження ризику шахрайства, спрощення митних процедур, підвищення довіри клієнтів
Цифрові двійники	Віртуальне моделювання об'єктів та процесів для прогнозування та оптимізації	Зниження ризиків технічних збоїв, удосконалення управлінських рішень



Автоматизовані системи	Використання роботизованого обладнання для перевалки вантажів і управління складом	Скорочення часу перевантаження, підвищення безпеки, зниження енергоспоживання
------------------------	--	---

Джерело: сформовано авторами на підставі [11]

Наприклад, у порту Роттердама сенсори IoT встановлюються на контейнерах, що дозволяє в режимі реального часу перевіряти їх стан і зменшувати ризики пошкоджень вантажів. Завдяки цьому порти можуть оптимізувати графік перевантажень і уникати непередбачуваних простоїв. У порту Сінгапура штучний інтелект використовується для планування розвантаження суден, що дозволяє зменшити час оброблення вантажів і оптимізувати використання ресурсів [10]. Водночас упровадження блокчейн-технологій у платформах на кшталт TradeLens [14] спрощує процеси документообігу, зменшуючи час і витрати на митні процедури. Цифрові двійники в порту Гамбурга забезпечують тестування нових рішень без ризику для реальної інфраструктури, що знижує операційні витрати та сприяє ефективному плануванню. Автоматизовані системи, як у порту Лонг-Біч, дозволяють знизити енергоспоживання і підвищити продуктивність завдяки роботизації кранів і транспортерів [12]. Таким чином, цифрова трансформація є важливим інструментом для досягнення стабільності та інноваційного розвитку в портовій галузі.

Цифровізація портової інфраструктури є стратегічним пріоритетом і для модернізації морської галузі України, однак цей процес зіштовхується з численними бар'єрами, які гальмують упровадження сучасних технологій. Основними з них є інституційні обмеження, як-от недостатнє нормативно-правове регулювання цифрових процесів, низька інтеграція державних і приватних ініціатив, а також слабкий рівень співпраці між учасниками логістичних ланцюгів. Економічні проблеми включають обмеженість фінансування на модернізацію, високі витрати на впровадження цифрових



технологій та низьку інвестиційну привабливість портової галузі через недостатню стабільність економічної ситуації. Технічні перешкоди пов'язані із застарілою інфраструктурою, недостатньою підготовкою персоналу до роботи з цифровими рішеннями та відсутністю інтегрованих платформ для автоматизації процесів (табл. 2).

Таблиця 2

Ключові проблеми цифровізації портової інфраструктури України

Категорія бар'єрів	Складники проблеми	Прояви в українських портах	Можливі наслідки
Інституційні	Недосконале законодавство, відсутність стратегії цифровізації, слабка міжвідомча координація	Неповна інтеграція митних систем, відсутність правового регулювання блокчейну	Затримка впровадження інновацій, втрата конкурентних позицій на глобальному ринку
Економічні	Обмежене фінансування, високі витрати на технології, низька інвестиційна привабливість	Відсутність довгострокових інвестицій, недостатня підтримка держави	Сповільнення модернізації, посилення відставання від міжнародних стандартів
Технічні	Застаріла інфраструктура, відсутність інтегрованих платформ, низька цифрова грамотність персоналу	Старі крани, нестача сенсорного обладнання, локальні автоматизовані рішення	Низька ефективність, довготривалі простої, висока ймовірність технічних збоїв
Виклики війни	Ризики для інфраструктури через бойові дії, обмежений доступ до портів, міни в акваторіях	Руйнування обладнання, втрати вантажів, блокування ключових логістичних маршрутів	Падіння обсягів перевезень, значні витрати на відновлення

Джерело: сформовано авторами на підставі [7]



На практиці ключові проблеми цифровізації портової інфраструктури України мають системний характер і значною мірою ускладнюють упровадження сучасних технологій. Інституційні бар'єри проявляються у відсутності єдиної національної стратегії, яка б охоплювала всі аспекти цифровізації портів, включаючи використання блокчейн-технологій для спрощення документообігу або інтеграцію митних процедур в єдині цифрові платформи. Наприклад, у портах м. Одеси та м. Чорноморська використання автоматизованих систем значною мірою обмежується через недостатню координацію між державними установами та приватними операторами. Це ускладнює ефективний обмін даними та призводить до дублювання процедур.

Економічні бар'єри, зокрема нестача інвестицій, стали ще більш критичними через повномасштабну війну в Україні. Фінансові ресурси, які могли би бути спрямовані на модернізацію портів, перенаправляються на оборонні потреби. Наприклад, реалізація довгострокових проєктів цифровізації зупинилася через нестачу коштів, а більшість оновлень зводиться до короткотермінових локальних ініціатив. Це також впливає на інвестиційну привабливість: іноземні інвестори уникають великих вкладень через нестабільність і ризики, пов'язані з війною.

Технічні бар'єри є найбільш очевидними в умовах застарілої інфраструктури портів. Багато портових об'єктів оснащено обладнанням, яке не підтримує сучасні автоматизовані системи. Наприклад, у порту «Південний» (м. Південне) використання цифрових технологій для моніторингу вантажів обмежується лише частковими рішеннями через відсутність сенсорних мереж та інтегрованих платформ [15]. Додатково війна внесла значні руйнування: багато об'єктів портової інфраструктури зазнали пошкоджень, наприклад, у Миколаївському порту було знищено склади та крани, що зупинило більшість операцій. Також важливо врахувати міграцію спеціалістів, яка призвела до нестачі технічно підготовлених кадрів для роботи з новими технологіями [3].



Виклики повномасштабної війни стали новим важливим чинником змін. Зокрема, порти м. Маріуполя та м. Бердянська повністю виведено з експлуатації через окупацію, а води Чорного моря заблоковано мінними загородженнями, що обмежує перевезення навіть у портах, які залишаються під контролем України. Усе це призводить до значних фінансових втрат, оскільки експортні потоки змушені перенаправляти через наземні коридори або порти інших країн, що значно збільшує витрати. Відновлення портової інфраструктури після війни вимагатиме значних ресурсів, але воно може стати поштовхом для впровадження інновацій, якщо це буде інтегровано в загальну стратегію цифровізації. Цифрова трансформація портової діяльності в Україні має потенціал для значного впливу на різні аспекти соціального та економічного розвитку, особливо в умовах воєнного стану. Впровадження сучасних технологій може прискорити адаптацію портів до нових умов роботи, забезпечити відновлення інфраструктури та інтеграцію в глобальні логістичні системи. Разом із цим цифровізація має комплексний вплив на ринок праці, екологію, соціальну стабільність і регіональний розвиток. Однак війна вносить значні корективи, зокрема в доступ до ресурсів, можливості реалізації довгострокових проєктів та нерівномірність інвестицій (табл. 3).

Таблиця 3

Соціально-економічні ефекти цифрової трансформації портової діяльності в Україні

Аспект впливу	Позитивні ефекти	Потенційні ризики	Особливості впливу в умовах війни
Ринок праці	Зростання попиту на кваліфікованих ІТ-спеціалістів, створення нових технологічних професій	Втрата робочих місць через автоматизацію, міграція кваліфікованих кадрів	Зниження доступності кваліфікованих кадрів через мобілізацію, руйнування навчальних центрів



Екологія	Скорочення викидів шкідливих речовин, оптимізація логістичних маршрутів	Високі витрати на екологічну модернізацію, недостатність фінансування для впровадження «зелених» технологій	Руйнування природних екосистем через бойові дії, посилення екологічного тиску через альтернативні перевезення
Регіональний розвиток	Підвищення інвестиційної привабливості, розвиток інфраструктури, збільшення податкових надходжень	Розрив між рівнем розвитку різних регіонів, ризик концентрації ресурсів у кількох ключових портах	Зменшення інвестицій у порти прифронтових регіонів, нерівномірне відновлення інфраструктури
Соціальна стабільність	Підтримка зайнятості через нові проєкти, підвищення прозорості економічних процесів	Соціальна напруга через скорочення традиційних робочих місць	Загострення соціальних проблем у регіонах із частковою або повною зупинкою портової діяльності
Інтеграція у світові логістичні системи	Залучення нових партнерів, підвищення швидкості оброблення вантажів та конкурентоспроможності	Ускладнення доступу до глобальних систем через логістичні ризики та інфраструктурні проблеми	Блокування морських шляхів, посилення залежності від альтернативних логістичних маршрутів

Джерело: власна розробка авторів

У контексті ринку праці цифровізація сприяє створенню нових робочих місць у сферах, пов'язаних з автоматизацією, управлінням даними та інформаційними технологіями. Наприклад, у порту м. Одеса запроваджено цифрові платформи, які дозволяють скоротити кількість рутинних операцій і



створюють попит на спеціалістів із програмування та аналізу даних [6]. Однак мобілізація чоловічого населення та відтік кваліфікованих кадрів через міграцію спричинили дефіцит персоналу, що уповільнює впровадження нових рішень.

Екологічні переваги цифровізації стали менш очевидними через руйнування портової інфраструктури та необхідність організації нових маршрутів перевезення. Наприклад, блокування портів м. Маріуполя та м. Бердянська змусило використовувати альтернативні маршрути через наземний транспорт, що призвело до зростання викидів CO₂. У Чорноморському порту розроблено екологічні ініціативи, як-от упровадження систем моніторингу викидів, але їх реалізація обмежена фінансуванням [16].

Регіональний розвиток отримав як позитивні, так і негативні імпульси. З одного боку, модернізація порту «Південний» сприяла залученню іноземних інвестицій, що забезпечило створення нових робочих місць і збільшення доходів місцевого бюджету. З іншого боку, порти в прифронтових регіонах, як-от м. Миколаїв, зазнали руйнувань, що призвело до зупинки економічної діяльності й значних втрат для місцевого населення.

Інтеграція в глобальні логістичні системи також ускладнена через заблоковані морські шляхи та підвищення ризиків для міжнародних партнерів. Водночас запровадження цифрових платформ, зокрема TradeLens, забезпечує більшу прозорість і швидкість оброблення вантажів у портах, що залишаються функціональними [14]. Це допомагає зберігати конкурентоспроможність навіть у складних умовах війни. Таким чином, цифрова трансформація портової діяльності є критично важливою для підтримки стійкості галузі та подальшого відновлення країни.

Для ефективного впровадження цифрових рішень у портах України необхідний стратегічний підхід, що враховує сучасні технології, виклики війни та перспективи інтеграції у світову логістичну систему. Модернізація інфраструктури має починатися з впровадження автоматизованих систем управління, що дозволять оптимізувати роботу портів у реальному часі.



Наприклад, інтеграція сенсорних мереж і систем штучного інтелекту в порту м. Одеси забезпечить моніторинг стану контейнерів і перевантажувального обладнання, що зменшить час простою та підвищить ефективність роботи [5]. Використання цифрових двійників дозволить моделювати та тестувати нові логістичні процеси, забезпечуючи їх оптимізацію ще до впровадження у фізичному середовищі.

Стимулювання інвестицій у цифрові технології може бути забезпечено через створення пільгових умов для інвесторів, як-от зниження мита на імпорт обладнання або податкові канікули для компаній, що реалізують проєкти цифровізації. Крім того, міжнародні фінансові інститути, зокрема Світовий банк або Європейський банк реконструкції та розвитку, можуть стати ключовими партнерами у фінансуванні модернізації українських портів. Наприклад, спільні програми з Європейським Союзом могли би передбачати співфінансування впровадження блокчейн-технологій для прозорості операцій, що зменшить ризики корупції та підвищить довіру міжнародних партнерів.

Розвиток цифрових компетенцій персоналу є важливим завданням, особливо в умовах автоматизації багатьох процесів. Це може бути досягнуто через створення спеціалізованих навчальних центрів, наприклад, на базі портових адміністрацій. Такі центри можуть пропонувати короткострокові інтенсивні курси з використання сучасних технологій, як-от автоматизовані крани чи системи моніторингу IoT. Додатково у співпраці з університетами можна запровадити освітні програми з підготовки фахівців, орієнтованих на специфіку морської галузі.

У період війни особливу увагу слід приділити кібербезпеці портової інфраструктури. Впровадження захищених платформ для обміну даними та резервних центрів оброблення інформації дозволить мінімізувати ризики втрати даних у разі атак. Такі рішення є дуже важливими для забезпечення безперебійної роботи логістичних ланцюгів навіть в умовах бойових дій.



Нарешті, післявоєнна реконструкція портів має стати поштовхом для впровадження «зелених» технологій [16]. Використання енергоефективного обладнання та відновлюваних джерел енергії допоможе знизити витрати на енергоспоживання та відповідати міжнародним стандартам. Наприклад, установлення сонячних панелей на складі або електричних автономних перевантажувачів у порту «Південний» стане прикладом поєднання цифровізації з екологічною відповідальністю.

Таким чином, практичні рекомендації включають пропозиції щодо інтеграції інноваційних рішень, підвищення інвестиційної привабливості та підготовки персоналу до роботи в умовах цифрової трансформації. Такий підхід дозволить українським портам стати більш ефективними, безпечними та конкурентоспроможними на міжнародному рівні.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що такі сучасні технології, як штучний інтелект, блокчейн, цифрові двійники та інтернет речей, є ефективними інструментами оптимізації логістичних процесів, зменшення операційних витрат і підвищення прозорості операцій. Основними проблемами, які обмежують цифровізацію, є інституційні бар'єри (відсутність національної стратегії цифровізації та законодавчої бази), економічні труднощі (недостатність фінансування та низька інвестиційна привабливість) і технічні перешкоди (застаріла інфраструктура та нестача цифрових платформ).

Значний вплив на розвиток портової галузі має повномасштабна війна, яка ускладнює доступ до портів, знижує обсяги перевезень і посилює необхідність відновлення інфраструктури. Виклики воєнного періоду підкреслюють потребу у впровадженні кіберзахисту, інтеграції технологій для моніторингу стану інфраструктури та створенні резервних систем для забезпечення стійкості роботи портів.

Рекомендації включають розроблення єдиної стратегії цифровізації, модернізацію інфраструктури з акцентом на впровадження автоматизованих систем управління та енергоефективних технологій, стимулювання інвестицій



через державно-приватне партнерство, а також створення освітніх програм для підготовки кадрів до роботи із сучасними технологіями. Післявоєнний період пропонує унікальну можливість для залучення міжнародних інвестицій у відновлення та модернізацію портової інфраструктури.

Перспективи подальших досліджень охоплюють детальне вивчення механізмів інтеграції цифрових рішень у логістичні процеси, розроблення моделей оцінювання ефективності цифровізації портів у післявоєнний період та аналіз довгострокових соціально-економічних ефектів цифрової трансформації. Зокрема, важливим є дослідження впливу інноваційних технологій на екологічну стійкість портової галузі та регіональний розвиток.

Список використаних джерел

1. Baryshnikova V., Filina-Dawidovych L., Sinchenko D. Digitalization urgency of the Danube ports. *«Проблеми розвитку транспортної логістики Інтертранслог-2024»*: матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Україна, м. Одеса, 30-31 травня, 2024). Одеса: ОНМУ, 2024. С. 47–50. URL: https://www.onmu.org.ua/images/university/news/X_Intertranslog_2024_res.pdf (дата звернення: 24.09.2024).
2. Мурад'ян А. О., Демидюков О. В. Особливості розвитку морських портів в умовах цифрових трансформацій: закордонний досвід. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Том 33(72). С. 247–252. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.6/40> (дата звернення: 24.09.2024).
3. Digital transformation in the maritime transport sector / E. Tijan et al. *Technological Forecasting and Social Change*. 2021. Vol. 170. P. 120879. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120879> (date of access: 27.09.2024).
4. de la Peña Zarzuelo I., Freire Soeane M. J., López Bermúdez B. Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review. *Journal of*



Industrial Information Integration. 2020. Vol. 20. P. 100173. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100173> (date of access: 27.09.2024).

5. Харкава В. Управління логістикою відповідно до попиту на пасажирські та вантажні перевезення з появою штучного інтелекту (досвід для України). *Розвиток транспорту*. 2023. № 3(18). С. 9–23. DOI: <https://doi.org/10.33082/td.2023.3-18.01> (дата звернення: 24.09.2024).

6. Чебанова Т., Даценко Н. Підвищення ефективності роботи підприємств морського бізнесу завдяки впровадженню цифровізації. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2022. № 4(81). С. 87–98. DOI: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2022-4-87-98> (дата звернення: 24.09.2024).

7. Коростін О. Аналіз викликів та можливостей застосування штучного інтелекту в управлінні морськими вантажними потоками. *Наука і техніка сьогодні*. 2024. № 7(35). URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7\(35\)-762-775](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7(35)-762-775) (дата звернення: 24.09.2024).

8. Мурад'ян А. О. Інноваційні технології в управлінні роботою портових операторів. *Вісник Одеського національного морського університету*. 2022. Том 67. С. 124–134. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2022-1-124-134> (дата звернення: 24.09.2024).

9. Digital transformation, technological innovation, and operational resilience of port firms in case of supply chain disruption / X. He et al. *Marine Pollution Bulletin*. 2023. Vol. 190. P. 114811. URL: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114811> (date of access: 27.09.2024).

10. Решетков Д., Іванова І. Використання світового досвіду у розвитку «розумних портів» в Україні. *European Science*. 2022. № 13(2). С. 46–54. DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2022-13-02-003> (дата звернення: 24.09.2024).

11. Kusumawati E., Karjono K., Karmanis K. Review of Port Management Integrated Digitization System: A Pathway to Efficient and Sustainable Port



Operations. *Maritime Park Journal of Maritime Technology and Society*. 2023. P. 55–60. DOI: <https://doi.org/10.62012/mp.v2i2.26531> (date of access: 27.09.2024).

12. Русанова С., Перепічко М. Моделі управління морськими портами: світові практики. *Економіка та суспільство*. 2024. № 61. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-102> (дата звернення: 24.09.2024).

13. Ромах В. Формування моделі управління морськими портами. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2023. Том 34(73). С. 260–265. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.4/42> (дата звернення: 24.09.2024).

14. Летичевський О. О., Горбатюк С. О. Децентралізовані системи в логістиці: огляд використання та проблеми безпеки. *Проблеми програмування*. 2020. № 1. С. 55–73. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/180423> (дата звернення: 24.09.2024).

15. Табенський С. Шляхи підвищення ефективності функціонування морської транспортної інфраструктури України. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2024. No. 34-02. P. 53–58. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-34-00-037> (date of access: 27.09.2024).

16. Шкурко Є. Л., Безклубна Н. Л. Екологічна стійкість портової інфраструктури: впровадження зелених технологій та енергоефективних рішень. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2023. Том 34(73), № 5. С. 391–399. URL: https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/5_2023/5_2023.pdf#page=401 (дата звернення: 24.09.2024).