

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.11.115-123

УДК 711.553.4

Кондратюк В.М.,
vovakondratyukk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2457-2949,
Одеська державна академія будівництва та архітектури

ЕКОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ У ПОРТОВІЙ АРХІТЕКТУРІ: СТРАТЕГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ

Екологічна стійкість портової архітектури стала критично важливою сферою в більш широкому контексті глобальних зусиль по боротьбі зі зміною клімату та сприянню сталому розвитку. Порти, як життєво важливі компоненти міжнародної торгівлі та логістики, історично сприяли значному погіршенню стану навколишнього середовища, включаючи забруднення повітря та води, руйнування середовища проживання та значні викиди парникових газів. У цій статті досліджуються інноваційні стратегії і практики в проектуванні та експлуатації портів, які надають пріоритет екологічному управлінню, спираючись на останні світові дослідження і публікації. Вона висвітлює успішні міжнародні приклади, а також фокусується на унікальних викликах і можливостях України в контексті післявоєнного відновлення та сталого розвитку. Висновки підкреслюють важливість інтеграції зелених технологій, відновлюваних джерел енергії та сталої логістики в портову архітектуру для мінімізації впливу на навколишнє середовище та підвищення операційної ефективності. Вивчаючи як світовий досвід, так і конкретні українські ініціативи, ця стаття має на меті надати комплексний огляд того, як порти можуть перейти до більш сталих практик, що в кінцевому підсумку сприятиме стійкому майбутньому як для місцевих громад, так і для глобального довкілля.

Ключові слова: екологічна стійкість; сучасні порти; розвиток сучасних портів; екосистема портових інновацій; портова архітектура; зелені технології; відновлювана енергетика; сталий розвиток.

Вступ. Порти слугують важливими вузлами у глобальних торговельних мережах, сприяючи переміщенню товарів на великі відстані. Однак їхня діяльність часто призводить до значного погіршення стану навколишнього середовища. Вплив включає забруднення повітря суднами та вантажно-розвантажувальним обладнанням, забруднення води стоками та розливами, руйнування середовища існування через розширення портів, а також викиди парникових газів, пов'язані з важкою технікою та транспортом. Оскільки світ бореться зі зміною клімату, існує нагальна потреба в тому, щоб порти

впроваджували сталі практики, які відповідають Цілям сталого розвитку ООН (ЦСР). У цій статті розглядаються останні досягнення в галузі портової архітектури, які сприяють екологічній стійкості, аналізуються глобальні тенденції, визначаються ключові виклики та проводиться фокусована дискусія щодо портового сектору України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні наукові публікації підкреслюють зростаюче визнання необхідності впровадження сталих практик у портових операціях. Систематичний огляд ініціатив «зелених» портів свідчить про те, що порти в усьому світі вживають заходів, спрямованих на зменшення впливу на навколишнє середовище. Ключові стратегії включають підвищення енергоефективності, вдосконалення управління відходами та зусилля зі збереження біорізноманіття.

Енергоефективність: Порти все більше інвестують у відновлювані джерела енергії, такі як сонячні батареї та вітряки, для забезпечення своїх операцій. Наприклад, дослідження показують, що електрифікація портової техніки значно скорочує викиди, пов'язані з обробкою вантажів. Порт Роттердама впровадив комплексний план енергетичного переходу, спрямований на досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року. Цей план включає використання відновлюваних джерел енергії для своєї діяльності та просування електромобілів на своїх об'єктах.

Управління відходами: Ефективна практика управління відходами має важливе значення для мінімізації забруднення. Порти впроваджують програми переробки відходів та технології перетворення відходів на енергію для сталого управління відходами. Порт Лос-Анджелеса прийняв План дій щодо чистого повітря (СААР), який включає ініціативи зі скорочення викидів парникових газів на 80% до 2050 року порівняно з рівнем 1990 року. СААР наголошує на екологічно чистих технологіях для вантажно-розвантажувального обладнання, а також заохочує використання альтернативних видів палива.

Збереження біорізноманіття: Багато портів включають в свої проекти рішення, засновані на природі, щоб підвищити біорізноманіття. Це включає створення зелених зон і коридорів дикої природи, які пом'якшують втрату середовища існування через розширення порту. Сінгапурський порт інвестував значні кошти в інтелектуальні технології, які оптимізують логістику, мінімізуючи вплив на навколишнє середовище. Ці ініціативи відображають ширшу тенденцію до інтеграції принципів сталого розвитку в портову діяльність у всьому світі.

Постановка проблеми. Незважаючи на ці досягнення, на шляху досягнення екологічної стійкості портової архітектури залишається багато проблем. Основні проблеми включають непослідовність нормативно-правової

бази в різних регіонах, що може перешкоджати впровадженню сталих практик; фінансові обмеження, які стримують інвестиції в зелені технології; і технологічні бар'єри, які обмежують доступ до передових рішень, необхідних для скорочення викидів і підвищення операційної ефективності.

Вирішення цих проблем має вирішальне значення для сприяння більш сталому майбутньому портових операцій. Регуляторні органи повинні розробити узгоджені керівні принципи, які надають пріоритет екологічним міркуванням, забезпечуючи при цьому фінансові стимули для портів інвестувати в екологічно стійку інфраструктуру. Крім того, співпраця між державним і приватним секторами може сприяти обміну знаннями та технологічним досягненням, необхідним для ефективного впровадження.

Мета і завдання дослідження. Метою цього дослідження є вивчення та аналіз дій, які вживають сучасні портові комплекси для створення привабливого меридовища для мешканців і відвідувачів. У статті буде розглянуто значення громадських просторів в портових комплексах світу і більшості портів України.

Основний матеріал і результати дослідження.

Екологічна стійкість портової архітектури все частіше визнається критично важливим компонентом у вирішенні екологічних проблем, пов'язаних з діяльністю портів. Порти, як життєво важливі вузли світової торгівлі, стикаються зі значними екологічними викликами, що загрожують морським екосистемам та прибережним громадам. Ці виклики включають викиди парникових газів від суден і техніки, хімічне забруднення від скидання стічних вод і розливів, руйнування середовища існування внаслідок днопоглиблювальних робіт і рекультивації земель, а також накопичення морського сміття. Інтенсивність роботи портів призводить до значного забруднення повітря та води, що може негативно впливати як на здоров'я людей, так і на морське біорізноманіття. Наприклад, викиди з суден сприяють глобальному потеплінню і погіршують якість повітря, а хімічні забруднювачі порушують водне життя і забруднюють джерела морепродуктів. [1]

У відповідь на ці нагальні екологічні проблеми з'явилися сучасні архітектурні та інженерні рішення для підвищення стійкості при проектуванні та експлуатації портів. Інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова та енергія припливів і відпливів, в портову інфраструктуру є ключовою стратегією. Порти все частіше впроваджують електрифікацію своїх операцій, щоб зменшити залежність від викопних видів палива. Наприклад, деякі порти використовують гібридні електричні силові установки для суден і впроваджують транспортні засоби з низьким рівнем викидів для наземного транспорту в межах портових об'єктів. Крім того, впроваджуються інноваційні

методи управління відходами, включаючи застосування підходу «ієрархії відходів», який надає пріоритет переробці та збору плаваючого сміття. [2]

Успішні приклади цих стратегій можна спостерігати в усьому світі. Порт Кочин в Індії має на меті повністю перейти на сонячну енергію до 2030 року, з планами щодо кранів на сонячних батареях та берегових електростанцій для суден. Аналогічно, Hutchison Ports BEST в Іспанії зобов'язався використовувати 100% відновлюваної енергії для своїх операцій, значно зменшивши свій вуглецевий слід. У Сполучених Штатах Порт Лос-Анджелеса реалізував різні зелені ініціативи, спрямовані на скорочення викидів за допомогою передових технологій і сталих практик. [3]

Кілька міжнародних прикладів ілюструють успішні стратегії підвищення сталості портової архітектури:

Порт Роттердам (Нідерланди): Як один з найбільших портів Європи, Роттердам впровадив широкі заходи зі сталого розвитку, спрямовані на досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року через свій план енергетичного переходу (рис. 1). [4]

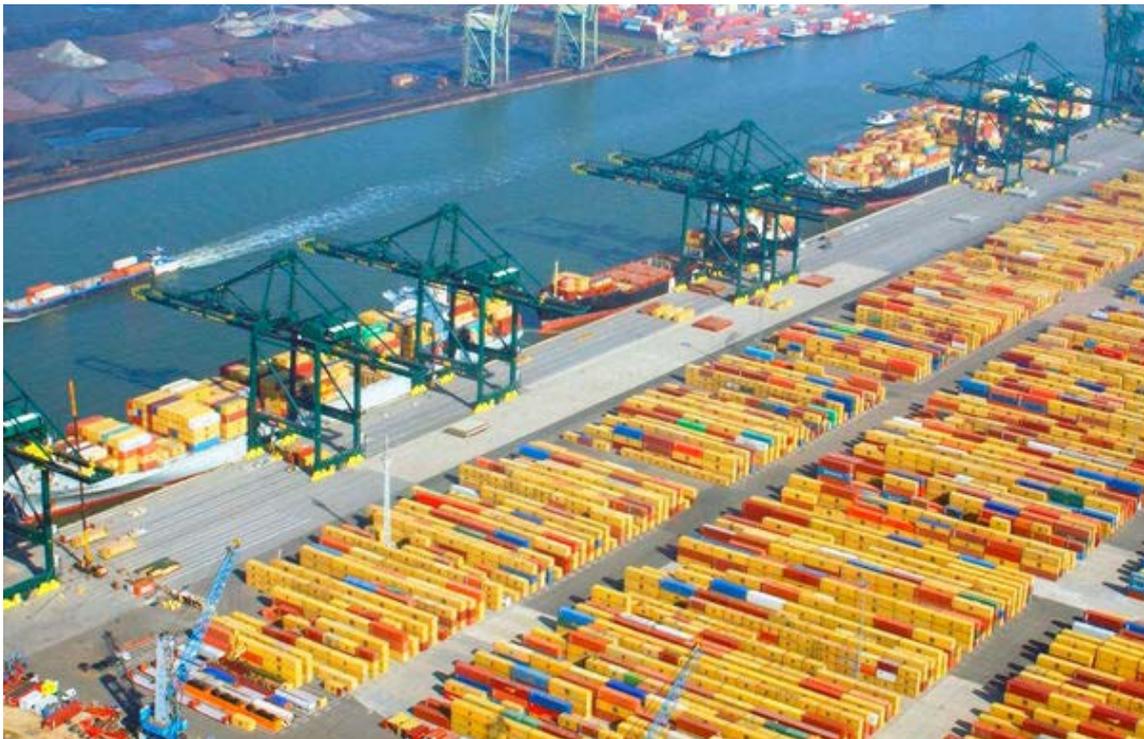


Рис. 1. Порт Гамбурга, Німеччина

Порт Лос-Анджелеса (США): СААР позиціонує цей порт як лідера у сфері скорочення викидів, просуваючи більш чисті технології для вантажно-розвантажувального обладнання (рис. 2). [5]



Рис. 2. Порт Лос-Анджелеса, США

Порт Сінгапуру: інвестиції в «розумні» технології дозволили порту Сінгапуру оптимізувати логістику, одночасно значно скоротивши викиди, пов'язані з його діяльністю (рис. 3). [6]

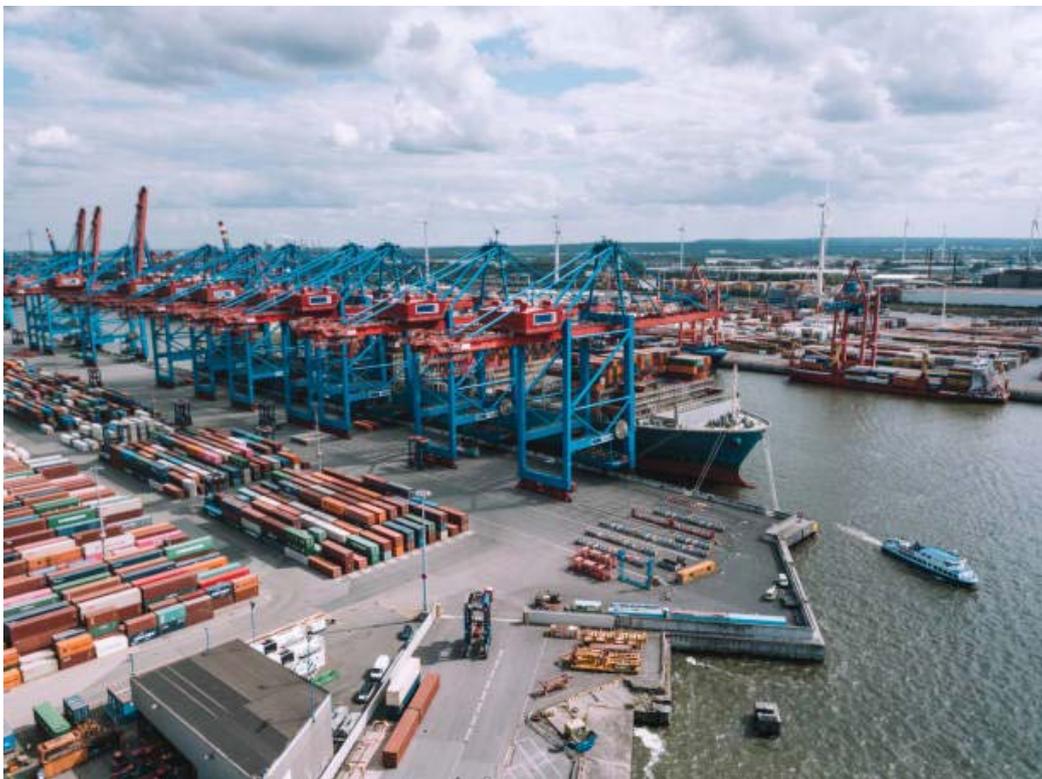


Рис. 3. Порт Гамбурга, Німеччина

Ці приклади демонструють, як порти можуть впроваджувати інноваційні стратегії, які не лише зменшують їхній вплив на довкілля, а й підвищують операційну ефективність.

Забігаючи наперед, можна сказати, що перспективи сталої портової архітектури є багатообіцяючими, але вимагають постійних зусиль та інновацій. Майбутні розробки, ймовірно, будуть зосереджені на підвищенні енергоефективності за допомогою розумних технологій, таких як пристрої Інтернету речей, які контролюють роботу обладнання в режимі реального часу, тим самим оптимізуючи використання енергії. Крім того, очікується, що порти дедалі більше застосовуватимуть принципи циркулярної економіки, спрямовані на мінімізацію відходів і максимізацію ефективності використання ресурсів за рахунок практики сталого проектування. Створення комплексних систем екологічного менеджменту матиме важливе значення для постійного поліпшення показників сталого розвитку. [7]

Український портовий сектор стикається з унікальними викликами, які посилюються постійною геополітичною напруженістю та нещодавньою війною. Однак існують значні можливості для інтеграції сталого розвитку в зусилля з післявоєнного відновлення. Оскільки Україна починає відновлювати свою інфраструктуру після руйнувань, спричинених конфліктом, існує критична можливість включити принципи сталого проектування в нові портові об'єкти. Такий підхід відповідає міжнародним зобов'язанням, спрямованим на скорочення викидів парникових газів і водночас сприяє розвитку стійкої інфраструктури.

Одеські порти: Одеські порти досліджують інноваційні підходи для підвищення свого профілю сталого розвитку на тлі поточних викликів. Ініціативи включають впровадження рішень з відновлюваної енергетики, таких як сонячні панелі на портових будівлях, та вдосконалення систем управління відходами, покликаних зменшити забруднення від судноплавної діяльності. (рис. 4, 5, 6). [8]

Відновлення біорізноманіття: Докладаються зусилля для відновлення прибережних екосистем, що постраждали від промислової діяльності навколо українських портів. Ці ініціативи спрямовані не лише на покращення місцевого біорізноманіття, але й на створення природних бар'єрів для захисту від кліматичних впливів, таких як повені та ерозія. [9]

Використовуючи ці стратегії під час реконструкції, Україна може позиціонувати свої порти як лідерів сталого розвитку в регіоні, одночасно роблячи позитивний внесок у досягнення глобальних екологічних цілей.



Рис. 4. Одеський порт, Україна



Рис. 5. Порт Чорноморськ, Україна



Рис. 6. Порт «Південний», Україна

З розвитком динаміки світової торгівлі та підвищенням екологічної свідомості роль портів як провідників сталого розвитку буде ставати все більш важливою. Перехід до сталої портової архітектури не тільки вирішує нагальні екологічні проблеми, а й позиціонує порти як лідерів у глобальних зусиллях по боротьбі зі зміною клімату, забезпечуючи при цьому економічну життєздатність для майбутніх поколінь. [10]

Висновки. Шлях до екологічної стійкості портової архітектури є складним, але важливим для забезпечення балансу між економічним зростанням та екологічною відповідальністю. Впроваджуючи інноваційні стратегії, такі як інтеграція відновлюваних джерел енергії, вдосконалення управління відходами та збереження біорізноманіття, порти можуть значно зменшити свій вплив на навколишнє середовище, одночасно підвищуючи операційну ефективність. Для України використання цих стратегій під час реконструкції надає можливість не лише відновити, а й створити більш стійку морську інфраструктуру, що відповідає глобальним цілям сталого розвитку.

Література

1. Костюк І., Федоренко О. *Сучасні тенденції розвитку портових міст*. Чернівці: ЧНУ. 2021 р.
2. Гончарук В., Лисенко С. *Проблеми реконструкції водних просторів в Україні*. Запоріжжя: ЗНУ. 2023 р.
3. Порт Кочі. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. (дата звернення 24.05.2023) [Електронний ресурс] URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/Порт_Кочі.
4. Порт Роттердама. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. (дата звернення 24.05.2023) [Електронний ресурс] URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Порт_Роттердама.
5. Port of Los Angeles Photo Gallery [Електронний ресурс] URL: <https://www.portoflosangeles.org/news/photo-gallery>.
6. Порт Сінгапура. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. (дата звернення 17.01.2024) [Електронний ресурс] URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/Порт_Сінгапура.
7. Одеський морський торговельний порт. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. (дата звернення 01.09.2024) [Електронний ресурс] URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Одеський_морський_торговельний_порт.
8. Екологічні проекти Одеського порту. [Електронний ресурс] URL: <https://odesa.uspa.gov.ua/ua/>.
9. Мінвідновлення готує порт Чорноморськ до концесії. (липень 2024) [Електронний ресурс] URL:<https://usm.media/minvidnovlennya-gotue-port-chornomorsk-do-konczesii/>.
10. Степаненко В., Грищенко А. *Портові міста як центри культурного розвитку*. Чернівці: ЧНУ. 2023 р.

Kondratyuk Volodymyr,

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

PUBLIC SPACES IN PORT COMPLEXES: CREATING AN ATTRACTIVE ENVIRONMENT FOR RESIDENTS AND VISITORS

The environmental sustainability of port architecture has become a critical area in the broader context of global efforts to combat climate change and promote sustainable development. As vital components of international trade and logistics, ports have historically contributed to significant environmental degradation, including air and water pollution, habitat destruction, and significant greenhouse gas emissions. This article explores innovative strategies and practices in port design and operation that prioritise environmental management, drawing on the latest global research and publications. It highlights successful international examples and also focuses on the unique challenges and opportunities in Ukraine in the context of post-war reconstruction and sustainable development. The findings highlight the

importance of integrating green technologies, renewable energy and sustainable logistics into port architecture to minimise environmental impact and increase operational efficiency. By examining both global experience and specific Ukrainian initiatives, this article aims to provide a comprehensive overview of how ports can move towards more sustainable practices, ultimately contributing to a sustainable future for both local communities and the global environment.

Keywords: environmental sustainability; modern ports; development of modern ports; port innovation ecosystem; port architecture; green technologies; renewable energy; sustainable development.

REFERENCES

1. Kostiuk I., & Fedorenko O. Modern trends in the development of port cities. Chernivtsi: CHERNIVTSI UNIVERSITY. 2021 p. {in Ukrainian}
2. Goncharuk V., & Lysenko S. Problems of reconstruction of water spaces in Ukraine. Zaporizhzhia: ZNU. 2023 p. {in Ukrainian}
3. Port of Kochi. Wikipedia, the free encyclopedia. (accessed 24.05.2023) [Electronic resource] URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Порт_Кочі. {in Ukrainian}
4. Port of Rotterdam. Wikipedia, the free encyclopedia. (accessed 24.05.2023) [Electronic resource] URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Порт_Роттердама. {in Ukrainian}
5. Port of Los Angeles Photo Gallery [Electronic resource] URL: <https://www.portoflosangeles.org/news/photo-gallery>. {in English}
6. Port of Singapore. Wikipedia, the free encyclopedia. (accessed 17.01.2024) [Electronic resource] URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Порт_Сінгапура. {in Ukrainian}
7. Odesa Commercial Sea Port. Wikipedia, the free encyclopedia. (accessed 01.09.2024) [Electronic resource] URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Одеський_морський_торговельний_порт. {in Ukrainian}
8. Environmental projects of the Odesa port. [Electronic resource] URL: <https://odesa.uspa.gov.ua/ua/>. {in Ukrainian}
9. The Ministry of Reconstruction is preparing the port of Chornomorsk for concession. (July 2024) [Electronic resource] URL: <https://usm.media/minvidnovlennya-gotue-port-chornomorsk-do-konczesii/>. {in Ukrainian}
10. Stepanenko V., Hryshchenko A. Port cities as centres of cultural development. Chernivtsi: CHERNIVTSI: CHERNIVTSI NATIONAL UNIVERSITY. 2023 p. {in Ukrainian}