

Іванова А. В.<https://orcid.org/0000-0002-1953-7372>

Національний університет «Одеська морська академія»

ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ТА «РОЗУМНІСТЬ» ПОРТІВ ЯК ФАКТОРИ ЇХ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ: МОДЕЛІ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Стаття присвячена визначенню правових моделей розвитку концепцій екологічних та «розумних» («смарт») портів у зарубіжних країнах та оцінці можливостей їх реалізації в Україні. Досліджено нормативні засади екологізації та цифрової трансформації портової діяльності у Європейському Союзі, зокрема акти, що формують політику «зеленого переходу», модернізації інфраструктури та впровадження цифрових платформ управління у портовому секторі. Спеціальну увагу приділено практиці портів Роттердама та Антверпен-Брюгге, які застосовують цифрові «двійники» як інструмент оптимізації операцій і моніторингу екологічних показників, що водночас не виключає стандартних процедур Port State Control. Європейську модель порівняно зі східноазійськими підходами (Японія, Південна Корея, Сінгапур, Китай), де смарт-трансформації одержали пряме закріплення у державних стратегіях та виступають елементом національної політики. Відзначено, що «розумність» та екологічність портів є результатом стратегічного вибору держав та цілеспрямованої побудови інституційних механізмів їх упровадження, а обрана модель побудови галузевого правового базису свідчить, скоріше, про те, яку роль держава (або об'єднання держав) відводить собі у модернізації портового сектору, ніж про значні відмінності у наслідуванні підходів до інноваційного розвитку. Наявність правового базису, незалежно від обраної моделі регулювання, забезпечує узгодженість дій усіх учасників портової екосистеми, підвищує стійкість логістичних операцій і створює передбачуване середовище для інновацій. Відзначено, що комплексна інтеграція цифрових та екологічних рішень разом із належним правовим забезпеченням здатна забезпечити сталість розвитку портів та їх ефективну адаптацію до глобальних викликів. Для України врахування цього досвіду є важливим фактором оновлення національної моделі секторального регулювання, що має охопити стимулювання інноваційного розвитку, співпраці у місцевому контексті, фінансової та податкової підтримки.

Ключові слова: морські порти, цифрова трансформація, публічне адміністрування, портова діяльність, «розумні порти», попередження забруднення, контроль держави порту, приморські регіони, екологічний контроль, інноваційний розвиток.

Постановка проблеми. Сучасні порти перебувають на етапі значних інноваційних трансформацій. Розпочата під час COVID-кризи оптимізація основних портових операцій за допомогою досягнень Четвертої індустріальної революції розвинулася та засвідчує стабільне зростання. Інноваційні «розумні порти» поступово перетворюються на повсякденну практику, забезпечуючи безперервність і надійність морських ланцюгів постачання, оперуючи великими масивами даних, ефективно керуючи ризиками та мінімізуючи вплив людського фактора на виробничі процеси. Водночас, поряд із позитивними результатами модернізації, постають і нові виклики: актуалізується потреба у надійнішому кіберзахисті, гарантованій стабіль-

ності електропостачання та забезпеченні безперебійної взаємодії інформаційних мереж, автоматизованих систем та програмних продуктів, від яких стає дедалі більш залежним функціонування портової інфраструктури. Не останні позиції у переліку таких викликів посідає й рівень кваліфікації та досвідченості персоналу, своєчасність його навчання і підвищення кваліфікації. До цього додаються також постійно посилювані вимоги екологізації та зменшення «тиску» на навколишнє середовище як від основної портової діяльності, так й від судноплавства. У результаті формуються нові моделі організаційно-правового забезпечення функціонування портової системи, базовані на прагненні досягнення Цілей сталого розвитку



[1] та інтегрованому управлінні у приморських регіонах [2] з метою їх збереження та підтримання у найбільш наближеному до природного стані. Вони дають змогу практично у режимі реального часу відстежувати та аналізувати виробничі і транспортні процеси, погодні умови, щільність судноплавного трафіку, рівень забруднення, ситуацію на контейнерному ринку та оперативно адаптувати до них внутрішньопортові процеси. До формування таких моделей залучаються портові адміністрації, оператори, судовласники, муніципальні та державні владні актори, які змушені поєднувати цифрові інструменти управління з екологічними стандартами, орієнтованими на скорочення викидів і мінімізацію впливу на морські та суходольні екосистеми. Часто відбувається й обмін позитивним досвідом у рамках міжнародних партнерств, зокрема ініціативи “C40 Cities” [3], що є майданчиком для співпраці найбільших портових міст світу у сфері декарбонізації, зниження негативного впливу портів на місцеві громади і створення ефективних практик корисної та екологічно відповідальної взаємодії. Досвід провідних зарубіжних портів сьогодні демонструє, що їхня «розумність» та екологічність ґрунтуються на комплексному нормативному забезпеченні, яке охоплює інфраструктурні, технологічні та управлінські аспекти, і створює необхідний політико-правовий базис для реалізації інновацій різного характеру – від переобладнання основних потужностей до моніторингу забруднень довкілля за допомогою безпілотних апаратів. Така стратегія дозволяє підвищувати конкурентоспроможність портів, забезпечувати стійкість логістичних операцій і формувати надійні відповіді на поточні та прогнозовані ризики. Для України вивчення такого досвіду має особливу цінність, адже сприяє оновленню національної моделі публічного адміністрування та правового забезпечення роботи портів та її адаптації до сучасних стандартів сталого розвитку і кращих практик управління цими стратегічними та критично важливими транспортними хабами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання екологізації портової діяльності, цифрової трансформації морської транспортної інфраструктури та формування концепцій «розумних портів» останніми роками активно досліджуються у науковій літературі економічного, технічного, управлінського та правового спрямування. Зарубіжні автори зосереджуються на різноманітних аспектах використання цифрових платформ для управління портовими операціями, впровадженні

штучного інтелекту, систем автоматизованого моніторингу довкілля та нормативних моделях регулювання портових інновацій (B. Behdani [4], A. Belsa et al. [5], W. Kosek, N. Chamier-Gliszczyński & T. Królikowski [6], A. Rodrigo González et al. [7], B.B. Szymanowska et al. [8], M.E. Vaca-Recalde et al. [9], Y.-C. Yang & Y.-H. Hsieh [10] та інші). В українській доктрині ці питання поки не отримали настільки інтенсивного опрацювання і розглядаються, переважно, у контексті окремих аспектів модернізації портів або використання цифрових сервісів у сфері морського транспорту (А. Бондар та О. Лапкін [11], Б. Кормич та Т. Аверочкіна [12], А. Насарая [13; 14], Д. Решетков, М. Бондарюк та С. Онищенко [15], Ю. Сергєєв та Н. Коваль [16; 17]). При цьому правничі дослідження, в яких було би системно опрацьовано зарубіжний досвід правового регулювання реалізації концепцій екологічних і «розумних портів» та на підставі такого аналізу окреслено напрями можливого оновлення українського законодавства, наразі відсутні.

Постановка завдання. У зв'язку з цим, метою статті є визначення ключових моделей правового забезпечення розвитку концепцій екологічних і «розумних» портів у зарубіжних країнах та формування на цій основі пропозицій щодо вдосконалення українського законодавства для забезпечення стійкого розвитку портової галузі як під час дії правового режиму воєнного стану, так й упродовж повоєнного відновлення.

Виклад основного матеріалу. За складеною практикою реалізація концепцій екологічних та «розумних портів» відбувається завдяки синергії цифрових технологій, природоохоронних стандартів та моделей багаторівневого управління. Під час їх вироблення зазвичай поєднуються зусилля держав та їх об'єднань, портових адміністрацій і приватного сектору. В ЄС нормативний базис таких трансформацій формують акти, що визначають базові засади «зеленої» та цифрової політики, – Європейський зелений курс (European Green Deal) [18], Регламент про автоматизований та централізований обмін даними за принципом європейського єдиного морського вікна (EU Maritime Single Window Environment, Regulation (EU) 2019/1239 [19]), Директива про інфраструктуру для альтернативних видів палива (AFIR, 2023) [20], а також оновлені стандарти енергоефективності та скорочення викидів у морському секторі (FuelEU Maritime, 2023 [21]). У комплексі вони створюють правове середовище, в якому порти зобов'язані модернізувати інфраструктуру, зокрема для використання нових, більш еколо-

гічних палив, впроваджувати берегове електропостачання для пришвартованих біля причалів суден, а також автоматизовані системи екологічного моніторингу та інтегровані платформи управління операціями. Результатом схвалення актів, що охоплюють за принципом сходження від загального до конкретного фундаментальні політичні аспекти «зеленого переходу» та обов'язкові правові норми, сформовано комплексний правовий базис, у межах якого модернізація портів уже не є факультативним та спрямованим на майбутнє напрямком розвитку, а перетворюється на обов'язковий елемент політики декарбонізації та цифрової трансформації у рамках загального курсу на формування екологічно (кліматично) нейтрального європейського регіонального простору з органічним поєднанням природоохоронних контрольних (моніторингових) заходів та інноваційних технологій.

Наслідком реалізації зазначених та низки інших норм, а також портів ініціатив з модернізації стало те, що сучасні європейські порти перетворюються на комплексні інтелектуальні ланки логістичної інфраструктури, що мають гарантовано забезпечувати мінімізацію викидів під час стоянки суден, оптимізацію потоків вантажів і транспортних операцій у режимі реального часу, а також прозорий і уніфікований за принципом «єдиного вікна» обмін даними між усіма учасниками транспортного процесу. Крім того, підходи ЄС передбачають інтеграцію портів у ширший контекст регіональної екосистеми – з урахуванням впливу на приморські регіони, міські громади, природні ресурси та морські екосистеми, адже для того, щоб стати дійсно «розумним портом», інноваційні технології мають бути поєднані у ньому із захистом навколишнього середовища та перспективним «зеленим розвитком» не лише у межах портової території та акваторії, а й у прилеглих районах [10]. У результаті комфортність сформованого регуляторного середовища дозволяє європейським портам виступати сьогодні не лише логістичними вузлами, а й активними драйверами «зеленого» енергетичного переходу, демонструючи нові моделі сталого управління та партнерства між державою, бізнес-структурами і місцевими спільнотами. Така модернізація також органічно вкладається у концепції Блакитного зростання, інтегрованого управління прибережними регіонами та морського просторового планування, що набули достатнього розвитку та активно підтримуються в ЄС [22–25].

Показовим у контексті реалізації інноваційних програмних продуктів є приклад Роттердамського порту, який демонструє, що «смарт-порт» – це не лише цифровізація та автоматизація окремих процесів, а й створення цілісної «екосистеми» даних. Управління порту використовує його цифрового «двійника» (або «блізняка») (Port Digital Twin), який забезпечує прогнозування трафіку, оптимізацію швартування, управління ризиками та координацію екологічних показників у реальному часі [26]. Відомо, що цифровий «двійник» – це точне віртуальне представлення (симуляція) реального або попередньо призначеного фізичного об'єкта, процесу або системи, яке існує виключно у цифровому просторі, може оновлюватися за допомогою відомостей (даних) з фізичного аналога та інших джерел, а також застосовувати машинне навчання та моделювання для покращення планування та схвалення рішень [27]. Цифровий «двійник» забезпечує комплексний підхід до розуміння та удосконалення складних систем і процесів, пропонуючи комплексний погляд, що охоплює безліч технологій та методів. Фактичне розташування транспортних засобів, контейнерів і суден може впливати на модель, що знаходиться у цифровому «двійнику» порту, перетворюючи її на цінний інструмент для управління і поліпшення різних процесів та виконуваних завдань. Часто такі цифрові моделі вирішують завдання оптимізації розподілу транспортних засобів, причалів та кранів, зберігання контейнерів та керування рухом [28].

Ще одним вдалим прикладом є порт Антверпен-Брюгге, де створено систему цифрового «двійника» APICA (Advanced Port Information and Control Assistant) [29], що інтегрує дані з тисяч датчиків, дронів, розумних камер та цифрових «iNoses» для моніторингу діяльності порту, інфраструктури, екологічних умов та енергоспоживання у режимі реального часу, та фактично стала «цифровою нервовою системою» порту [30]. При цьому, цифрові «двійники» не замінюють стандартних формальностей Port State Control [31] (далі – PSC), які виконуються щодо суден, зокрема й у сфері екологічного контролю. Базовим актом для перевірок є MARPOL 73/78 [32], якою встановлено вимоги щодо заборони та обмеження викидів нафтових забруднень, шкідливих рідких речовин, стічних вод, сміття тощо з суден, і зобов'язує держави-учасниці контролювати їх дотримання.

Такий поступовий перехід європейських портів до використання комплексних інноваційних платформ, де цифрові технології та екологічні

стандарти взаємно підсилюють одне одного, формує набори кращих практик для запозичення. При цьому, європейське законодавство не використовує та не визначає категорію «сма́рт-порт», а розглядає її як концепт технологічного переобладнання, екологізації та цифрової трансформації, що також підтверджується дослідженнями [33; 34]. Звітна доповідь “Green and Smart Ports” (2021) у рамках регіональних ініціатив ЄС та макрорегіональних стратегій упродовж доволі тривалого періоду розглядає «сма́рт-порти» як стратегічну інфраструктуру майбутнього та елемент імплементації «зелених» та цифрових політик, орієнтованих на сталий розвиток, модернізацію логістичних ланцюгів і зменшення екологічного навантаження [35]. Таким чином, категорія «сма́рт-порт» виступає переважно як суспільно-технічна і політична концепція, шаблон розвитку, у межах якого порти можуть модернізуватися (упроваджувати цифрові платформи, «зелену» інфраструктуру, енерго-ефективні рішення, інтеграцію з міськими та регіональними екосистемами). Відсутність прямого закріплення у законодавстві підкреслює значення переважно технічного, управлінського та політичного, а не юридичного підходу, але водночас схваленими актами європейського законодавства надається можливість та імперативно передбачається необхідність переобладнання і оновлення портової та морської галузей відповідно до основних глобальних та регіональних трендів, ініціатором яких часто виступає сам ЄС. Як справедливо відзначається у літературі, «розумні порти» є новим поколінням технологічно розвинених портових систем, організованих так, щоб забезпечувати вищий рівень ефективності, сталості та інноваційності порівняно з традиційними портами. Вони використовують новітні технології, цифрові рішення та системи автоматизації для підвищення продуктивності та оптимізації операційних процесів. Зазвичай концепція «сма́рт-порту» ґрунтується на трансформації портових послуг в інтерактивні, динамічні та прозорі сервіси, здатні швидше та точніше реагувати на потреби клієнтів і користувачів. При цьому екологічна сталість, орієнтація на міський простір та урахування інтересів громадян розглядаються як ключові складники цього підходу, що формують якісно новий тип портової інфраструктури та управління [6; 7].

Наслідуючи основні переваги та базові підходи до впровадження новітніх інформаційно-комунікаційних технологій у портові процеси, східні порти (зокрема Південної Кореї, Сінгапуру, Япо-

нії тощо) демонструють дещо відмінну модель регулювання реалізації концепцій екологічних і «розумних портів», що ґрунтується на державному стратегічному плануванні. У національних програмах розвитку портового сектору закріплюється необхідність інтеграції цифрових, автоматизованих і «зелених» рішень у портову діяльність, що надає таким трансформаціям статусу державного пріоритету, а пряме використання у них категорії «сма́рт-порт» свідчить про нормативне сприйняття новітніх змін і перетворення концептуальної моделі технічного та управлінського розвитку на класичну правничу категорію. Цими актами також спеціально підкреслюється важливість портового екологічного контролю, що здійснюється у рамках PSC, і не може бути замінений моніторингом, здійснюваним за допомогою роботизованих систем. Прикладами є корейська “2030 Port Policy and Implementation Strategy” [36], сінгапурська “Sea Transport Industry Transformation Map 2025” [37], японська “PORT 2030” [38], китайські “Guidelines on Building World-Class Ports” [39] та “Opinions on Accelerating the Construction of Smart Ports and Smart Waterway” [40] тощо. Такий підхід формує послідовну та передбачувану траєкторію модернізації портів, перетворюючи екологічну та цифрову трансформацію з початково добровільної ініціативи окремих операторів на інституційно та нормативно підтриманий (гарантований та часто стимульований/субсидований [41; 42]) напрям розвитку логістичних спроможностей і забезпечення сталого розвитку. У правовому вимірі це свідчить, що «розумність» порту забезпечується не лише інноваціями бізнесу, а й прив'язкою (з чітким закріпленням) до державних програм розвитку галузі.

Відомими японськими проектами у цій сфері є “Cyberport” [43], що почав функціонувати у 2021 р. в якості електронної системи для процедур портової логістики, “CONPAS” [44], що є її спеціалізованим модулем, спрямованим на оптимізацію контейнерних операцій, та “Colins” – система централізованого обміну інформацією про контейнерну логістику між операторами терміналів, вантажовідправниками, морськими експедиторами, перевізниками та іншими пов'язаними підприємствами. Система управління портами (Terminal Operation Systems, далі – TOS), яка керує процесами експлуатації терміналів, була впроваджена менеджерами портів та операторами портів у Японії, та їх вдосконалення і модернізація наразі залишається у сфері їхніх інтересів [45]. У 2025 р. було повідомлено, що уряд Півден-

ної Кореї інвестує 31 млрд вон (\$22,7 млн USD) до 2028 р. у розробку основних технологій для «розумних» портів у рамках зусиль зі зміцнення конкурентоспроможності судноплавної галузі. Інвестиції буде спрямовано на розробку ключового обладнання та технологій для будівництва інтелектуальних портових споруд (автоматизована вантажно-розвантажувальна техніка та безпілотні транспортні засоби для вантажних перевезень) [42].

Таким чином, східноазійська модель розвитку екологічних і «розумних портів» характеризується високим рівнем «залученості» інновацій як у нормативне регулювання (з безпосереднім закріпленням відповідної термінології), так й у конкретні портові проєкти упродовж доволі тривалого часу. Це забезпечує не лише технологічну модернізацію портів, а й довгострокову правову визначеність, фінансову підтримку та стабільність умов для реалізації новітніх технологій, що дозволяє розглядати «смарт-порт» не лише як управлінську концепцію, а як елемент галузевої політики, інтегрований у систему публічного адміністрування і нормативного забезпечення функціонування морського та портового секторів.

Висновки. Розглянуті моделі правового регулювання реалізації концепцій розвитку портів демонструють, що успішна модернізація портових систем ґрунтується на поєднанні цифрових рішень, класичних екологічних стандартів і політик сталого управління. В ЄС такий розвиток підтримується комплексом загальних стратегічних та спеціальних галузевих актів, які формують обов'язкове регуляторне середовище для декарбонізації, цифровізації та інтегрованого управління, що у сукупності сприяє розвитку екологічних та «розумних портів». Водно-

час у країнах Східної Азії простежується інша правова модель, базована на державних довгострокових програмах, де категорія «смарт-порт» виступає не лише концептом розвитку, а й нормативно закріпленим орієнтиром модернізації. Порівняння цих підходів дозволяє стверджувати, що «розумність» та екологічність портів є результатом стратегічного вибору держав та цілеспрямованої побудови інституційних механізмів їх упровадження, а обрана модель побудови галузевого правового базису свідчить, скоріше, про те, яку роль держава (або об'єднання держав) відводить собі у модернізації портового сектору, ніж про значні відмінності у наслідуванні підходів до інноваційного розвитку. Наявність правового базису, незалежно від обраної моделі регулювання, забезпечує узгодженість дій усіх учасників портової екосистеми, підвищує стійкість логістичних операцій і створює передбачуване правове середовище для інновацій. Для України врахування цього досвіду є важливим фактором оновлення національної моделі секторального програмно-цільового і правового регулювання, яка на теперішній час обмежується поодинокими згадками про інноваційний розвиток та концепції «смарт-порт», «енергоефективний порт» і «зелений порт» у Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року [46] і не має необхідного «продовження» в законодавстві щодо стимулювання інноваційного розвитку, співпраці у місцевому контексті, фінансової та податкової підтримки тощо, яке, на наше переконання, може стати гарною основою для адаптації портової системи до сучасних викликів та провідних галузевих трендів, сформувати підґрунтя для стійкого розвитку галузі як у період воєнного стану, так і під час повоєнного відновлення.

Список літератури:

1. The 17 Goals. URL: <https://sdgs.un.org/goals> (дата звернення: 4.05.2026 р.).
2. Alterman R., Pellach C. Regulating coastal zones: international perspectives on land management instruments. Routledge, London, 2020. 456 p. <https://doi.org/10.4324/9780429432699>
3. C40 Cities. URL: <https://www.c40.org> (дата звернення: 7.05.2026 р.).
4. Behdani B. Port 4.0: a conceptual model for smart port digitalization. *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 74. P. 346–353. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.154>
5. Belsa A. et al. Innovative cognitive data platform to improve processes in European seaports. *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 72. P. 1232–1239. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.582>
6. Kosek W., Chamier-Gliszczyński N., Królikowski T. The importance of modern technologies in the development of sea ports on the example of the Port of Gdynia. *Procedia Computer Science*. 2024. Vol. 246. P. 4307–4315. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.280>
7. Rodrigo González A. et al. Preparation of a Smart Port Indicator and Calculation of a Ranking for the Spanish Port System. *Logistics*. 2020. Vol. 4(2). 9. <https://doi.org/10.3390/logistics4020009>
8. Szymanowska B.B. et al. Seaport innovation trends: Global insights. *Marine Policy*. 2023. Vol. 152. 105585. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105585>

9. Vaca-Recalde M.E. et al. Spanish approach for the Smart Digital Ports through highly automated logistics. *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 72. P. 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.389>
10. Yang Y.-C., Hsieh Y.-H. The critical success factors of smart port digitalization development in the post-COVID-19 era. *Case Studies on Transport Policy*. 2024. Vol. 17. 101231. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2024.101231>
11. Бондар А.В., Лапкін О.О. Методи й моделі формування портфелю проєктів розвитку міського транспорту на базі концепції Смарт Порт-Сіті. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. № 2. С. 179–190. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.24.179>
12. Кормич Б.А., Аверочкина Т.В. Публічне адміністрування морського сектору: цифровізація, автоматизація та оновлення правового базису. *Право та державне управління*. 2024. № 1. С. 294–301. <https://doi.org/10.32782/pdu.2024.1.41>
13. Насарая А.В. Правові основи інноваційного розвитку морських портів України. *Актуальні проблеми політики*: зб. наук. праць. 2024. Вип. 74. С. 178–184. <https://doi.org/10.32782/app.v74.2024.22>
14. Насарая А.В. Публічне адміністрування цифровізації портової діяльності в Україні. *Сучасні політичні процеси: глобальний та національний виміри*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції (м. Одеса, 6–7 березня 2025 р.). / за заг. ред. С.В. Ківалова. Одеса, 2025. С. 108–113. <https://doi.org/10.32837/11300.29245>
15. Решетков Д.М., Бондарюк М.А., Онищенко С.П. Сутність, переваги та існуючий досвід розвитку розумних портів. *Розвиток транспорту*. 2022. Вип. 4. С. 108–122. <https://doi.org/10.33082/td.2022.4-15.09>
16. Сергєєв Ю.В., Коваль Н.О. Екологізація портової діяльності: кращі практики та оновлення правового регулювання в Україні. *Право і суспільство*. 2024. № 2. С. 410–415. <https://doi.org/10.32842/2078-3736/2024.2.57>
17. Коваль Н.О., Сергєєв Ю.В. Інструменти публічного адміністрування портової галузі України: правовий базис та принципи «good governance». *Право та державне управління*. 2024. № 1. С. 244–253. <https://doi.org/10.32782/pdu.2024.1.34>
18. EuropeanGreenDeal. URL: <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/879954/3%20European%20Green%20Deal.pdf> (дата звернення: 10.05.2026 р.).
19. Consolidated text: Regulation (EU) 2019/1239 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 establishing a European Maritime Single Window environment and repealing Directive 2010/65/EU. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019R1239-20250815> (дата звернення: 12.05.2026 р.).
20. Consolidated text: Regulation (EU) 2023/1804 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R1804-20250414> (дата звернення: 10.05.2026 р.).
21. Regulation (EU) 2023/1805 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1805> (дата звернення: 15.05.2026 р.).
22. The EU Blue Economy Report, 2024. European Commission. Publications Office of the European Union. Luxembourg. URL: <https://ossermare.org/wp-content/uploads/2024/03/the-eu-blue-economy-report-2024-compresso.pdf> (дата звернення: 12.05.2026 р.).
23. The Blue Economy in Cities and Regions: A Territorial Approach, OECD Urban Studies, OECD Publishing, Paris, 2024. <https://doi.org/10.1787/bd929b7d-en>
24. Innocenti A., Attombri C. The current policyscape affecting land-sea interactions in the European Union. *Ocean & Coastal Management*. 2024. Vol. 251. 107093. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107093>
25. Common Regional Framework for Integrated Coastal Zone Management, 2019. URL: <https://iczmplatform.org/storage/documents/Ab5KKfiwRSrOLYPvVRYdKBdr0GAkl0Mx14KtOfRo.pdf> (дата звернення: 5.05.2026 р.).
26. Smart infrastructure. *Port of Rotterdam*. URL: <https://www.portofrotterdam.com/en/port-future/smart-infrastructure> (дата звернення: 7.05.2026 р.).
27. Wootton M. Role of a digital twin to improve the design and operations of ports. Haskoning. URL: <https://www.haskoning.com/en/newsroom/blogs/2023/the-role-of-a-digital-twin-in-ports> (дата звернення: 16.05.2026 р.).
28. Neugebauer J., Heilig L., Voß S. Digital Twins in the Context of Seaports and Terminal Facilities. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2024. Vol. 36. P. 821–917. <https://doi.org/10.1007/s10696-023-09515-9>
29. Port of Antwerp-Bruges – APICA Digital Twin. URL: <https://sustainableworldports.org/project/port-of-antwerp-bruges-apica-digital-twin/> (дата звернення: 17.05.2026 р.).

30. Smart port. *Port of Antwerp Bruges*. URL: <https://www.portofantwerpbruges.com/en/our-port/port-future/smart-port> (дата звернення: 17.05.2026 р.).
31. Rcedures for Port State Control, 2023. URL: [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/IIS/ Documents/A%2033-Res.1185%20-%20PROCEDURES%20FOR%20PORT%20STATE%20CONTROL,%20 2023%20\(Secretariat\)%20\(1\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/IIS/ Documents/A%2033-Res.1185%20-%20PROCEDURES%20FOR%20PORT%20STATE%20CONTROL,%20 2023%20(Secretariat)%20(1).pdf) (дата звернення: 14.05.2026 р.).
32. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973/1978. URL: <https://library.arcticportal.org/1699/1/marpol.pdf> (дата звернення: 16.05.2026 р.).
33. Belmoukari, B., Audy, JF. & Forget, P. Smart port: a systematic literature review. *European Transport Research Review*. 2023. Vol. 15(4). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00581-6>
34. Bojic, F., Bošnjak, R., & Gudelj, A. (2021, January). Review of Smart Ports in the European Union. URL: https://www.researchgate.net/publication/348564344_REVIEW_OF_SMART_PORTS_IN_THE_EUROPEAN_UNION (дата звернення: 12.05.2026 р.).
35. Issue Paper IV. Green and Smart Ports. URL: https://www.adriatic-ionian.eu/wp-content/uploads/2023/08/ Issue_Paper_IV_2021_-_Green_Smart_Ports.pdf (дата звернення: 5.05.2026 р.).
36. 2030 Port Policy and Implementation Strategy. URL: <https://www.mof.go.kr/page/en/selectPage.do?menu Seq=1590&pageSeq=1019&listUpdtDt=2026-05-28++10%3A00> (дата звернення: 30.05.2026 р.).
37. Sea Transport Industry Transformation Map 2025. URL: <https://www.mpa.gov.sg/media-centre/details/ sea-transport-industry-transformation-map-2025-to-achieve-singapore-s-vision-as-a-global-maritime-hub-for- connectivity-innovation-and-talent> (дата звернення: 25.05.2026 р.).
38. Japan Artificial Intelligence at Ports. URL: <https://www.trade.gov/market-intelligence/japan-artificial- intelligence-ports> (дата звернення: 23.05.2026 р.).
39. Guidelines on Building World-Class Ports. URL: https://zjhy.mot.gov.cn/zzhxxgk/jigou/zhghc/202007/ t20200708_3428215.html (дата звернення: 17.05.2026 р.).
40. Opinions on Accelerating the Construction of Smart Ports and Smart Waterway. URL: https://www.gov.cn/ zhengce/zhengceku/202312/content_6918874.htm (дата звернення: 30.05.2026 р.).
41. Kosmajac S. Busan Port set for ‘major’ overhaul as part of South Korea’s \$10 billion maritime strategy. URL: <https://www.offshore-energy.biz/busan-port-set-for-major-overhaul-as-part-of-multibillion-dollar-strategy/> (дата звернення: 30.05.2026 р.).
42. Seoul to offer 31 bln won to support development of smart port technologies. URL: https://www.invest- korea.org/ik-en/bbs/i-5073/detail.do?ntt_sn=492976 (дата звернення: 26.05.2026 р.).
43. About Cyber Port. URL: <https://www.cyber-port.net/en/about/> (дата звернення: 27.05.2026 р.).
44. CONPAS to be Operated on Trial Basis to Test New Function. URL: <https://www.jiffa.or.jp/en/news/ entry-9269.html> (дата звернення: 21.05.2026 р.).
45. Inutsuka H. et al. Study on the Relationship between Port Governance and Terminal Operation System for Smart Port: Japan Case. *Logistics*. 2024. Vol. 8. 59. <https://doi.org/10.3390/logistics8020059>
46. Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 11 липня 2013 р. № 548-р (в редакції розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2020 р. № 1634-р). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/548-2013-p#Text> (дата звернення: 27.05.2026 р.).

Ivanova A. V. ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS AND “SMARTNESS” OF PORTS AS FACTORS OF THEIR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: THE MODELS OF LEGAL REGULATION

The article is devoted to the definition of legal models of development of concepts of ecological and “smart” ports in foreign countries and estimation of the possibilities of their realization in Ukraine. The normative principles have been studied of greening and digital transformation of port activities in the European Union, in particular the acts that form the policy of “green transition”, the modernization of infrastructure and the implementation of digital management platforms in the port sector. The special attention has been paid to the practice of the ports of Rotterdam and Antwerp-Bruges, which use the digital “twins” as a tool for optimizing operations and monitoring environmental indicators, which at the same time does not exclude the standard procedures of the Port State Control. The European model was compared to the East Asian approaches (Japan, South Korea, Singapore, China), where the smart-transformations have received a direct fixation in the state strategies and are the element of national policy. It has been noted that the “smartness” and environmental friendliness of ports are the result of the strategic choice of states and the purposeful construction of institutional mechanisms for their implementation, and the chosen model of building a sectoral legal basis indicates, rather, what role is assigned a part by a state (or association of states) in the modernization of the port sector; rather than significant differences in the imitation of approaches to the innovative development. The presence of a

legal basis, regardless of the chosen regulatory model, ensures the coherence of the actions of all participants in the port ecosystem, increases the stability of logistics operations and creates a predictable environment for innovation. It has been noted that the complex integration of the digital and environmental solutions, together with the proper legal support, can ensure the sustainability of port development and their effective adaptation to global challenges. Taking into account this experience it is an important factor in updating the national model of sectoral regulation for Ukraine, which should include stimulating the innovative development, cooperation in the local context, financial or tax support.

Keywords: *seaports, digital transformation, public administration, port activity, “smart ports”, pollution prevention, port state control, coastal regions, ecological control, innovative development.*

Дата першого надходження статті до видання: 05.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.07.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 10.09.2026