

УДК 339.564

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2025.4\(502\).45](https://doi.org/10.15589/znп2025.4(502).45)

MARITIME INDUSTRY EXPORT OPERATIONS EFFICIENCY MODELLING

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ
ПІДПРИЄМСТВ МОРЕГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ

Viacheslav H. Rogov

viacheslav.rogov@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-1847-5907

В. Г. Рогов,

канд. екон. наук, доцент

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

Abstract. *The purpose* of the study is to develop an integrated financial model for evaluating the efficiency of export operations of maritime industry enterprises, which enables more accurate and well-grounded analytics for making strategic management decisions in the field of foreign economic activity. *The research methodology* is based on a combination of economic-mathematical modeling, scenario analysis, elements of financial engineering, and multicriteria assessment methods. The model incorporates NPV analysis, IRR estimation, sensitivity to currency and logistics risks, as well as indicators of operational efficiency, thus providing a holistic approach to evaluating the feasibility and profitability of export contracts. *The results* of the research demonstrate that the application of the integrated model increases the accuracy of financial forecasts, allows for early identification of risks during the planning stage, and ensures the adaptability of enterprise strategy to changes in the external environment, including monetary policy, tariff regulation, and institutional barriers. *The scientific novelty* lies in the development of an adaptive model that integrates financial and non-financial parameters into a unified assessment system, enabling flexible management of export activities under conditions of high turbulence in maritime transportation markets. *The practical significance* of the study lies in the development of an integrated financial and analytical modeling tool that enhances the efficiency of managing export operations of maritime enterprises by combining financial, operational, environmental, and digital dimensions into a unified decision-support system. Prospects for further research include expanding the model's functionality through digitalization, implementing machine learning elements for forecasting foreign economic development scenarios, and adapting the model to the specifics of various subsectors of the maritime industry, including port operators, shipbuilding enterprises, and logistics companies.

Key words: financial modeling; efficiency; export operations; maritime industry enterprises; economic-mathematical model; strategic management; foreign economic activity.

Анотація. *Метою* дослідження є розробка інтегрованої фінансової моделі для оцінювання ефективності експортних операцій підприємств морегосподарського комплексу, яка дозволяє забезпечити більш точну й обґрунтовану аналітику при ухваленні стратегічних управлінських рішень у сфері зовнішньоекономічної діяльності. *Методика* дослідження базується на поєднанні економіко-математичного моделювання, сценарного аналізу, елементів фінансової інженерії та мультикритеріальних методів оцінювання. У процесі побудови моделі використано NPV-аналіз, оцінку IRR, чутливість до валютних та логістичних ризиків, а також індикатори операційної ефективності, що дозволяє створити цілісний підхід до оцінки доцільності та прибутковості експортних контрактів. *Результати* дослідження демонструють, що застосування інтегрованої моделі забезпечує підвищення точності прогнозування фінансових результатів, виявлення ризиків на ранніх етапах планування та можливість адаптації стратегії підприємства до змін зовнішнього середовища, зокрема валютної політики, тарифного регулювання й інституційних бар'єрів. *Наукова новизна* полягає у створенні адаптивної моделі, яка об'єднує фінансові й нефінансові параметри в єдиній системі оцінювання, що дозволяє здійснювати гнучке управління експортною діяльністю в умовах високої турбулентності ринку морських перевезень. *Практична значущість* роботи полягає у створенні інтегрованого інструменту фінансово-аналітичного моделювання, який забезпечує підвищення ефективності управління експортними операціями підприємств морегосподарського комплексу шляхом поєднання фінансових, операційних, екологічних та цифрових аспектів у єдиній системі підтримки управлінських рішень. Перспективи подальших досліджень передбачають розширення функціональності моделі шляхом її цифровізації, впровадження елементів машинного навчання для прогнозування сценаріїв розвитку зовнішньоекономічної кон'юнктури, а також адаптації моделі до специфіки різних підсек-

торів морегосподарського комплексу, включно з портовими операторами, суднобудівними підприємствами та логістичними компаніями.

Ключові слова: фінансове моделювання; ефективність; експортні операції; підприємства морегосподарського комплексу; економіко-математична модель; стратегічне управління; зовнішньоекономічна діяльність.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

У сучасних умовах, що характеризуються зростанням нестабільності на глобальних ринках, трансформацією логістичних ланцюгів та ускладненням регуляторного середовища, перед підприємствами морегосподарського комплексу постає завдання забезпечення стійкої та економічно доцільної експортної діяльності. Наявні підходи до оцінювання ефективності експортних операцій здебільшого спираються на традиційні фінансові індикатори, не враховуючи динаміку зовнішнього середовища, мультифакторні ризики та вплив логістичних обмежень. Це знижує точність управлінських рішень та обмежує можливості стратегічного планування.

У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці інтегрованої фінансової моделі, яка б дозволила комплексно оцінювати ефективність експортних операцій з урахуванням як фінансових, так і нефінансових параметрів: операційних витрат, часових затримок, валютних коливань, тарифних і нетарифних бар'єрів. Така модель має забезпечити не лише ретроспективний аналіз, а й прогностичну здатність, адаптивність до різних сценаріїв зовнішнього середовища та підтримку прийняття рішень у реальному часі.

Отже, завданням даного дослідження є:

- розробити методологічний підхід до побудови інтегрованої фінансової моделі оцінювання ефективності експортних операцій;
- визначити систему релевантних показників та критеріїв оцінки з урахуванням специфіки морегосподарської діяльності;
- проаналізувати потенціал моделі для практичного використання в системах стратегічного планування та антикризового управління підприємствами морегосподарського комплексу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Економічним аспектам діяльності підприємств морегосподарського комплексу присвячено значну кількість досліджень вітчизняних і закордонних авторів. Так, С. Ільченко, В. Грищенко, І. Грищенко [1] здійснили аналіз ефективності діяльності українських судноплавних компаній; О. Копилова [2] досліджувала зміни умов фінансування судноплавства за сучасних нестабільних економічних і політичних обставин; О. Базалюк, В. Жихарєва, О. Влащенко, В. Ніценко, Д. Стреймікене, Т. Балезентис розробили математичну модель оптимізації портфеля інвестицій судноплавної компанії [3]; К. Данлади, С. Так, П. Цюогкідис, Л. Танг, Ч. Окорі оцінювали

ефективність контейнерних портів у країнах із рівнем доходу нижче середнього [4].

Водночас існує низка питань, що потребують додаткового вивчення, зокрема щодо фінансового моделювання експортних операцій. Особливо гострою є проблема відсутності інтегрованих моделей, які би визначали ефективність експортної діяльності підприємств, враховуючи специфіку довготривалих контрактів, волатильність фрахтових ринків, регуляторні обмеження та екологічні вимоги.

Класичні підходи до оцінки ефективності зовнішньоекономічної діяльності, закріплені у працях таких авторів, як Р. Брілі, С. К. Маєрс, Ф. Аллен, А. Едманс [5] та А. Дамодаран [6], базуються на універсальних показниках – NPV, IRR, терміні окупності – які, хоча й ефективні на стабільних та короткотермінових ринках, не враховують фундаментальної специфіки морської індустрії. Ця специфіка визначається довгими життєвими циклами суден (25–30 років), високою капіталомісткістю суднобудівних проєктів, екстремальною волатильністю фрахтових ставок, що може змінюватися на 200–400 % протягом кількох місяців, а також значними попередніми інвестиціями, необхідними для будівництва та модернізації флоту. У цьому контексті традиційні фінансові моделі демонструють істотні обмеження: вони не здатні адекватно передбачити прибутковість експортних контрактів, оскільки ігнорують часову динаміку ринку, взаємозв'язок між операційною ефективністю портів і терміналів, а також стратегічний вплив регуляторних та екологічних змін.

Сучасна наукова література все частіше свідчить про необхідність переходу від фрагментарних до інтегрованих підходів, які поєднують фінансовий, операційний, ризик-орієнтований та регуляторний виміри в єдину систему. Методи моделювання невизначеності, зокрема симуляції Монте-Карло, GARCH-моделі та VaR-аналіз, дозволяють не лише оцінювати очікувані грошові потоки, а й формувати ймовірнісні розподіли результатів [7–9].

Активно розвивається застосування методу аналізу оболонки даних (Data Envelopment Analysis, DEA) та індексу Малмквіста (Malmquist Productivity Index, MPI) для оцінки ефективності діяльності портів, терміналів і суден [10–11], проте відсутність уніфікованих показників ускладнює міжнародне порівняння та інтеграцію з фінансовими моделями.

Особливо гострою стає проблема врахування регуляторного та екологічного контексту, оскільки ініціативи Міжнародної морської організації, зокрема стратегія скорочення викидів парникових газів

до 2050 р. [12], вводять нові вимоги до енергоефективності та використання альтернативних палив, що призводить до зростання капіталовкладень, зміни структури витрат і формування нових ринкових переваг для підприємств, що рано впроваджують «зелені» технології. Відповідно, з'являється потреба у інтеграції нових інструментів фінансової інженерії – зелених облігацій, лізингових моделей з оплатою за використання (pay-as-you-use), структурованих фінансових механізмів, що дозволяють розподілити ризики між різними стейкхолдерами.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є розробка та теоретичне обґрунтування інтегрованої фінансової моделі для оцінювання ефективності експортних операцій підприємств морегосподарського комплексу з урахуванням впливу зовнішніх ризиків, логістичних витрат, валютних коливань та інституційних обмежень. Реалізація цієї мети спрямована на підвищення точності стратегічного планування, покращення управлінських рішень та забезпечення фінансової стійкості підприємств морегосподарського комплексу.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Основними методами дослідження є: системний аналіз для розуміння структури та взаємозв'язків у морегосподарському комплексі; економіко-математичне моделювання, зокрема побудова багатфакторних регресійних моделей та застосування методу аналізу оболонки даних (DEA); статистичний аналіз часових рядів для виявлення трендів та циклічності в експортних операціях; порівняльний аналіз для показників ефективності; метод експертних оцінок для врахування якісних факторів впливу. Важливе місце займають методи дискретної оптимізації та лінійного програмування для моделювання логістичних процесів, а також підходи машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування ефективності в умовах невизначеності.

Об'єктом дослідження є експортні операції підприємств морегосподарського комплексу як складної системи взаємопов'язаних економічних процесів та відносин.

Предметом дослідження є економічні відносини та закономірності, що виникають у процесі формування, оцінки та підвищення ефективності експортних операцій підприємств морегосподарського комплексу.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Одним з найбільш проблематичних аспектів є відсутність уніфікованої методології оцінки ефективності експортних операцій, що би враховувала специфічні особливості морегосподарського комплексу як складної системи взаємопов'язаних підприємств різних

видів економічної діяльності. Наявні підходи до моделювання ефективності здебільшого розроблені для традиційних виробничих або торговельних підприємств і не враховують специфіку морських перевезень, портової діяльності, суднобудування, рибного господарства та інших видів економічної діяльності морегосподарського комплексу. Це призводить до неточностей у визначенні основних факторів впливу та неадекватної оцінки ефективності експортних операцій.

Недостатньо розробленими залишаються питання інтеграції різнорівневих показників ефективності в єдину модель, що дозволила б комплексно оцінювати результативність експортної діяльності. Особливо складною є проблема врахування синергетичного ефекту від взаємодії різних суб'єктів морегосподарського комплексу в експортних операціях, коли ефективність окремих учасників може значно відрізнятися від ефективності системи в цілому.

Важливим є питання врахування впливу зовнішніх факторів невизначеності на ефективність експортних операцій. Морегосподарський комплекс характеризується високою залежністю від природно-кліматичних умов, коливань світових цін на сировину, геополітичної ситуації, міжнародних санкцій та інших факторів, які традиційні моделі ефективності враховують недостатньо. Необхідність врахування цих факторів вимагає розробки нових підходів до моделювання в умовах невизначеності та ризику.

Також значною проблемою є відсутність адекватних методів оцінки довгострокової ефективності експортних операцій з урахуванням специфіки життєвих циклів морегосподарських проєктів. Особливо це стосується капіталомістких видів економічної діяльності, таких як суднобудування або функціонування портової інфраструктури, де період окупності інвестицій може становити десятки років, а традиційні показники короткострокової ефективності не відображають реальної економічної доцільності.

Недостатньо вивченим залишається питання врахування екологічних та соціальних аспектів ефективності експортних операцій морегосподарських підприємств. Сучасні тенденції до сталого розвитку та зростання вимог міжнародних ринків щодо екологічності продукції та виробничих процесів потребують розробки нових підходів до інтеграції ESG-критеріїв у моделі ефективності, що поки що знаходяться на початковій стадії розвитку.

Особливо проблематичним є питання моделювання ефективності в умовах цифровізації морегосподарського комплексу. Впровадження цифрових технологій, автоматизація процесів, використання штучного інтелекту та блокчейну кардинально змінюють характер експортних операцій, але методи оцінки ефективності цих змін ще недостатньо розроблені. Необхідність врахування цифрових трансформацій вимагає

перегляду традиційних підходів до моделювання та розробки нових метрик ефективності.

Окрім того, актуальною є проблема порівняльного аналізу ефективності експортних операцій підприємств різних країн з урахуванням відмінностей у регуляторному середовищі, рівні розвитку інфраструктури та інституційному забезпеченні. Наявні моделі часто не враховують ці фактори, що обмежує можливості бенчмаркінгу та адаптації кращих практик.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Розробка інтегрованої фінансової моделі оцінювання ефективності експортних операцій підприємств морегосподарського комплексу ґрунтується на системному підході, який поєднує фінансові, операційні, ризик-орієнтовані, екологічні та цифрові аспекти функціонування морегосподарського комплексу. Ідея моделі полягає у створенні аналітичного інструменту, здатного не лише оцінювати поточну ефективність, а й прогнозувати результати експортної діяльності з урахуванням сценарних змін зовнішнього середовища, коливань ринкової кон'юнктури, валютних ризиків і регуляторних факторів.

Основою інтегрованої фінансової моделі оцінювання ефективності експортних операцій підприємств морегосподарського комплексу є багаторівнева структура, у центрі якої знаходиться фінансовий рівень – фундаментальна складова, що забезпечує кількісну оцінку економічної доцільності реалізації проєктів. На цьому рівні застосовуються класичні фінансові індикатори, такі як чиста приведена вартість (NPV), внутрішня норма рентабельності (IRR), дисконтований грошовий потік (DCF) та період окупності проєкту, які дають змогу визначити базову прибутковість експортних контрактів, враховуючи обсяг початкових інвестицій, прогнозовані доходи, вартість капіталу й часову вартість грошей.

Проте в умовах морегосподарського комплексу, де характерними є тривалі життєві цикли суден, висока капіталомісткість проєктів, а також суттєва волатильність валютних курсів і фрахтових ставок, традиційні фінансові моделі не надають повне уявлення про економічну ефективність. Вони не враховують довгостроковий ризиковий профіль, вплив регуляторних змін, екологічні вимоги чи технологічні трансформації, які суттєво впливають на результативність морських експортних операцій.

Саме тому фінансовий рівень у межах інтегрованої моделі доповнюється розширеними аналітичними інструментами, серед яких провідне місце посідає аналіз чутливості (sensitivity analysis). Цей метод дозволяє визначити, як зміни основних параметрів – наприклад, цін на паливо, валютних курсів, рівня порткових тарифів – впливають на кінцеві фінансові результати підприємства. Завдяки цьому виявляються зони нестабільності, що дає змогу адаптувати

фінансову стратегію ще до настання несприятливих подій. Такий підхід дозволяє перейти від статичної до динамічної оцінки ефективності, що актуально для видів економічної діяльності з високим рівнем ризиків і тривалими інвестиційними циклами.

Фінансовий рівень також передбачає врахування структури капіталу підприємства – співвідношення власних і позикових ресурсів, вартості боргу, кредитних ставок і ризикових премій. У межах інтегрованої моделі ці параметри оцінюються у взаємозв'язку з операційною ефективністю, оскільки фінансова стабільність безпосередньо залежить від здатності підприємства генерувати стабільні грошові потоки. Окрему увагу приділено впливу макроекономічних факторів: інфляції, зміни валютної політики, міжнародних торговельних обмежень, цін на енергоносії. Це дозволяє створити більш реалістичну модель, яка не лише відображає внутрішні фінансові параметри, але й інтегрує зовнішнє середовище у процес прогнозування результативності.

Важливим елементом фінансового рівня є також імовірнісний підхід до моделювання – застосування сценарного аналізу, який дозволяє формувати альтернативні сценарії розвитку подій: оптимістичний, базовий та песимістичний. Для кожного з них розраховуються очікувані грошові потоки, ризикові коефіцієнти та діапазони прибутковості. У результаті формується не єдине значення NPV чи IRR, а інтервал можливих результатів, що значно підвищує якість управлінських рішень. Застосування такого підходу є особливо важливим для морегосподарських підприємств, діяльність яких суттєво залежить від зовнішніх чинників – погодних умов, світових логістичних тенденцій, геополітичних ризиків і коливань попиту на міжнародних ринках.

Отже, фінансовий рівень інтегрованої моделі є не просто інструментом обчислення показників ефективності, а центральною аналітичною платформою, яка забезпечує кількісне підґрунтя для стратегічних управлінських рішень. Його особливістю є системність і адаптивність: він не ізольований від інших блоків моделі, а інтегрований із операційним, ризиковим, екологічним і технологічним рівнями. Така структура дозволяє оцінювати не лише безпосередню прибутковість експортних контрактів, а й їхній довгостроковий вплив на фінансову стійкість підприємства, його конкурентоспроможність і здатність функціонувати в умовах глобальної економічної турбулентності.

Другий рівень інтегрованої фінансової моделі формує операційний блок, який є важливим для розуміння внутрішньої ефективності функціонування підприємств морегосподарського комплексу. Він побудований на застосуванні двох взаємодоповнювальних методів – DEA та MPI, які дозволяють комплексно оцінювати ефективність використання ресурсів та динаміку продуктивності у часі. На відміну від

традиційних фінансових методів, операційний аналіз дає змогу виявити внутрішні резерви підвищення ефективності без додаткового залучення інвестицій.

Метод DEA використовується для оцінки технічної ефективності діяльності підприємств – портів, терміналів, судноплавних компаній – шляхом порівняння співвідношення між витраченими ресурсами (input) та отриманими результатами (output). Вхідними параметрами можуть бути обсяги спожитого палива, інвестиції в людський капітал, енерго-ресурси, кількість задіяного обладнання або площа портових потужностей. Вихідними показниками є кількість оброблених вантажів, тоннаж перевезень, швидкість обслуговування суден або дохід від операційної діяльності. На основі цих даних DEA визначає відносну ефективність кожного підприємства, встановлюючи, наскільки воно наближене до так званої «ефективної межі» – тобто найкращої практики у виді економічної діяльності. Підприємства, що знаходяться нижче цієї межі, вважаються технічно неефективними, і для них модель автоматично ідентифікує напрями можливого вдосконалення – скорочення витрат, оптимізацію процесів або підвищення продуктивності праці.

MPI доповнює DEA-аналіз, дозволяючи оцінити зміни продуктивності у динаміці, тобто не лише фіксувати поточну ефективність, а й відстежувати, як вона змінюється з часом під впливом технологічних, організаційних або інституційних факторів. Цей індекс розділяє загальні зміни продуктивності на дві складові: технічний прогрес (зміщення ефективної межі) та зміну відносної ефективності (рух підприємства всередині межі). Таким чином, MPI дає змогу оцінити, чи є підвищення ефективності результатом упровадження інновацій і цифрових технологій.

Особливістю операційного рівня є можливість урахування екологічних і цифрових показників у межах DEA-аналізу. Наприклад, до моделі можуть бути інтегровані такі змінні, як рівень енергоефективності суден, інтенсивність викидів вуглекислого газу, обсяг переробки відходів або частка автоматизованих процесів у загальній діяльності підприємства. Це дозволяє перейти від класичного підходу до більш гнучкої, «збалансованої» оцінки, де операційна ефективність розглядається не лише в контексті економічної вигоди, а й у взаємозв'язку з екологічними та соціальними аспектами, а також із цифровою зрілістю.

На практиці операційний блок моделі може бути використаний для бенчмаркінгу – порівняння ефективності різних підприємств, терміналів або навіть суден за єдиною системою критеріїв. Такий аналіз дозволяє ідентифікувати лідерів виду економічної діяльності, визначити причини їх успіху та адаптувати найкращі управлінські практики. Водночас DEA і MPI дають змогу кількісно оцінювати ефект від інновацій, наприклад, автоматизації логістичних

процесів або впровадження систем штучного інтелекту для управління перевезеннями.

Операційний рівень тісно взаємопов'язаний із фінансовим блоком моделі: підвищення технічної або енергетичної ефективності безпосередньо відображається на фінансових результатах, знижуючи операційні витрати та підвищуючи конкурентоспроможність підприємства на міжнародному ринку.

Третій рівень інтегрованої фінансової моделі становить ризик-орієнтований компонент, який відіграє центральну роль у забезпеченні стійкості підприємств морегосподарського комплексу в умовах високої невизначеності зовнішнього середовища. Його мета полягає у кількісному вимірюванні ризиків, які можуть впливати на фінансові результати експортних операцій, а також у розробленні стратегій їхнього пом'якшення. Цей компонент поєднує методи сценарного аналізу, симуляцій Монте-Карло, Value-at-Risk (VaR) та GARCH-моделювання, що разом формують аналітичний інструментарій для прогнозування коливань прибутковості та визначення ймовірнісних меж втрат.

Застосування методу Монте-Карло дозволяє моделювати різноманітні сценарії розвитку подій, кожен з яких враховує випадкові зміни основних параметрів – валютних курсів, фрахтових ставок, цін на паливо, портових тарифів, тривалості логістичних циклів чи навіть кліматичних умов [13, с. 11]. На основі цих сценаріїв модель формує ймовірнісний розподіл можливих фінансових результатів, що дає змогу не лише оцінити середньоочікуваний прибуток, а й визначити ризик збиткових ситуацій. Таким чином, підприємство отримує інструмент для аналізу діапазону можливих відхилень і рівня їхньої небезпеки.

Value-at-Risk (VaR) використовується для кількісної оцінки максимально можливих збитків при заданому рівні довіри. У контексті морегосподарських підприємств VaR може застосовуватися для оцінки ризику падіння доходів від фрахту, девальвації або підвищення цін на енергоносії. Такий підхід дає змогу підприємствам не лише оцінити потенційні втрати, а й планувати обсяг резервного капіталу та заходи, необхідні для покриття ризиків.

Додатково модель охоплює GARCH-моделювання (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), що дозволяє описувати часову динаміку волатильності фінансових показників, таких як прибуток, курс валют або вартість фрахту. Цей підхід є надзвичайно важливим для морської індустрії, де коливання ринкових ставок мають інерційний характер, а ризики накопичуються у часі. Використання GARCH-моделей допомагає підприємствам передбачати періоди нестабільності та завчасно адаптувати фінансові стратегії.

Окреме місце в ризик-орієнтованому блоці займає оцінка валютних, логістичних та регуляторних ризиків. Валютні ризики є особливо значущими

через міжнародний характер морських перевезень і контрактів. У цьому контексті модель пропонує інструменти хеджування – форвардні угоди, валютні свопи, опціони, що дозволяють стабілізувати доходи у національній валюті. Логістичні ризики оцінюються шляхом аналізу ймовірності затримок у постачанні, поломки суден або перебоїв у роботі портів. Для цього модель інтегрує статистичні дані з попередніх проєктів, що дає змогу будувати прогнози профілі надійності логістичних ланцюгів.

Усі ці методи поєднуються в єдиній системі сценарного аналізу, яка дозволяє не лише кількісно оцінювати ризики, але й візуалізувати їх у вигляді «теплових карт» або інтерактивних графіків ймовірностей. Це дає можливість керівникам підприємств бачити потенційні загрози у зручному форматі, а також порівнювати різні сценарії розвитку подій.

Четвертий рівень інтегрованої фінансової моделі зосереджується на екологічному та регуляторному аспектах, які у сучасних умовах відіграють дедалі важливішу роль у формуванні стратегій розвитку морегосподарських підприємств. Екологічні індикатори кількісно відображають рівень енергоефективності суден, використання альтернативних видів палива, ефективність систем утилізації відходів і очищення баластних вод, а також інтенсивність викидів вуглекислого газу на одиницю перевезеного вантажу. Такі показники дозволяють комплексно оцінити екологічну ефективність підприємства та визначити його екологічний слід у межах логістичного ланцюга. Окрім того, модель враховує рівень дотримання міжнародних стандартів ISO 14001, MARPOL Annex VI та інших нормативних актів, що регламентують викиди та забруднення морського середовища.

Важливою складовою екологічного рівня є інтеграція принципів ESG – Environmental, Social, Governance. Цей підхід передбачає розгляд екологічних, соціальних та управлінських факторів як єдиної системи, що визначає довгострокову стійкість підприємства. Зокрема, екологічні аспекти охоплюють скорочення споживання енергії, перехід на «зелену» логістику, мінімізацію вуглецевого сліду та впровадження технологій рециркуляції. Соціальний вимір охоплює безпеку праці, розвиток персоналу та відповідальність перед громадами, тоді як управлінський компонент пов'язаний із прозорістю корпоративного управління та антикорупційними практиками.

Економічна доцільність екологічних ініціатив у моделі враховується через поняття «зеленого преміуму» (Green Premium) – додаткової вигоди, яку отримують підприємства завдяки підвищенню своєї інвестиційної привабливості та доступу до нових джерел фінансування. Морські компанії, що демонструють високі екологічні стандарти, мають змогу залучати «зелені» кредити, випускати екологічні облигації (Green Bonds), користуватися пільговими умовами

страхування та отримувати пріоритет у міжнародних тендерах. Крім того, такі підприємства формують позитивний імідж у глобальних ланцюгах постачання, що підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку транспортно-логістичних послуг.

Окрему увагу приділено регуляторному аспекту, який охоплює моніторинг змін міжнародних і національних нормативів, що регулюють діяльність морегосподарських підприємств. До моделі інтегровано механізм оцінювання регуляторних ризиків – наприклад, потенційного запровадження податків на викиди, нових стандартів енергоефективності або обмежень на використання певних видів палива. Це дозволяє підприємствам заздалегідь прогнозувати вплив майбутніх екологічних рішень на свої фінансові результати та планувати необхідні інвестиції в модернізацію флоту чи інфраструктури.

Важливо, що екологічний рівень моделі не розглядається як додатковий або обтяжливий елемент – навпаки, він є стратегічним чинником конкурентоспроможності. Впровадження енергоефективних технологій і перехід до «зелених» рішень сприяють скороченню операційних витрат, зменшенню залежності від традиційних енергоносіїв та формуванню стійких бізнес-моделей, орієнтованих на довгостроковий розвиток.

Таким чином, четвертий рівень інтегрованої моделі виконує подвійну функцію – з одного боку, він забезпечує екологічну відповідальність і відповідність міжнародним регуляторним стандартам, а з іншого – створює економічні стимули для розвитку підприємств, формуючи для них нові фінансові можливості через інструменти «зеленої» економіки. У результаті екологічний та регуляторний блок перетворюється на стратегічний важіль, який дозволяє не лише мінімізувати екологічні ризики, а й підвищити інвестиційну привабливість та довгострокову стійкість морегосподарських підприємств у глобальному конкурентному середовищі.

П'ятий рівень інтегрованої фінансової моделі – цифрово-технологічний блок – є основним елементом переходу від традиційного аналітичного підходу до інтелектуального управління експортними операціями у морегосподарському комплексі. Його головне призначення полягає у забезпеченні безперервного зв'язку між аналітикою та реальними операційними даними підприємства шляхом впровадження сучасних цифрових рішень – систем бізнес-аналітики (BI), інформаційних панелей (dashboards), автоматизованих систем збору, обліку та аналізу даних, а також інструментів машинного навчання та штучного інтелекту (AI). Цей рівень фактично перетворює модель на живу адаптивну систему, здатну реагувати на зміни у зовнішньому середовищі в режимі реального часу та пропонувати управлінські рішення на основі актуальної інформації.

Цифрово-технологічний компонент інтегрованої моделі охоплює три основні напрями. Перший – це автоматизація збору та обробки даних, що дозволяє інтегрувати інформаційні потоки з різних підсистем: фінансових, логістичних, технічних, екологічних та ринкових. Наприклад, через API-з'єднання або IoT-технології дані з портових систем, GPS-трекерів, суднових сенсорів і фінансових баз автоматично надходять до єдиного аналітичного середовища. Це мінімізує людський фактор, скорочує затримки в обробці даних та підвищує достовірність отриманих результатів.

Другий напрям – використання систем бізнес-аналітики (business Intelligence, BI) та інтерактивних інформаційних панелей. Вони забезпечують візуалізацію ключових показників ефективності (KPI), таких як рівень завантаженості флоту, собівартість перевезення, прибутковість експортних маршрутів, валютні коливання або екологічна ефективність суден. За допомогою таких інструментів менеджери різних рівнів можуть у реальному часі відстежувати стан виконання експортних контрактів, порівнювати сценарії, виявляти відхилення та оперативно ухвалювати рішення. Це сприяє підвищенню прозорості управління та дозволяє здійснювати динамічний моніторинг усіх рівнів моделі – від фінансових результатів до екологічних індикаторів.

Третій напрям – інтеграція алгоритмів машинного навчання (ML) та штучного інтелекту для прогнозування, оптимізації та підтримки прийняття рішень. Завдяки цим технологіям модель отримує можливість аналізувати великі обсяги історичних і поточних даних, виявляти приховані закономірності та прогнозувати майбутні тенденції. Наприклад, алгоритми ML можуть передбачати зміни фрахтових ставок, базуючись на комбінації макроекономічних індикаторів, геополітичних подій, сезонних циклів і попередніх динамік ринку. Інші моделі можуть прогнозувати валютні ризики або визначати оптимальний час для укладання експортних контрактів.

Додатково, штучний інтелект може формувати адаптивні рекомендації для менеджерів у режимі реального часу, зокрема пропонувати оптимізацію маршрутів перевезень, корекцію розподілу вантажопотоків або зміну стратегії ціноутворення залежно від ринкової ситуації. Використання таких технологій перетворює модель на систему підтримки управлінських рішень, що не лише аналізує дані, а й активно пропонує шляхи підвищення ефективності діяльності.

Особливе значення цифровий рівень має у контексті впровадження цифрових двійників (digital twins) суден, портів або логістичних процесів. Це дозволяє проводити віртуальні експерименти, симулювати поведінку систем у різних умовах і прогнозувати наслідки управлінських рішень без ризику для реальної операційної діяльності.

Інтеграція зазначених блоків у єдину модель дозволяє сформувати комплексну систему підтримки прийняття управлінських рішень. Вона забезпечує не лише оцінку ефективності окремих експортних операцій, а й аналіз їхнього внеску в загальну фінансову стійкість підприємства, визначення «вузьких місць» у логістичних процесах та оцінку впливу зовнішніх ризиків. Такий підхід створює основу для побудови системи стратегічного планування, що базується на аналітичних даних, моделюванні сценаріїв і прогнозуванні результатів.

Важливою перевагою інтегрованої моделі є її гнучкість: вона може бути адаптована до різних типів підприємств морегосподарського комплексу – від портових операторів і суднобудівних компаній до експедиторських та логістичних фірм. Це досягається шляхом зміни вагових коефіцієнтів у структурі моделі, що дозволяє відображати специфіку бізнес-процесів кожного підсектора. Для суднобудування першочерговими є показники окупності інвестицій та валютних ризиків, для портів – операційна ефективність і пропускна здатність, для логістичних компаній – швидкість і надійність виконання замовлень.

Запропонована модель має не лише аналітичне, а й практичне значення. Її впровадження дає змогу підприємствам своєчасно ідентифікувати ризики, оптимізувати структуру витрат, підвищити ефективність використання активів і забезпечити фінансову стійкість в умовах нестабільності світових ринків. Вона також може стати інструментом державного стратегічного планування, допомагаючи формувати політику підтримки експортерів у морському секторі, зокрема через пільгове фінансування, страхування ризиків або розвиток інфраструктури.

Така система забезпечує повний цикл аналітики – від збору, обробки й візуалізації даних до моделювання сценаріїв і прогнозування результатів. На першому етапі здійснюється ідентифікація ключових показників ефективності (KPI) і джерел ризику, далі модель проводить розрахунок фінансових і нефінансових параметрів, оцінює їхню взаємозалежність та формує прогнозні сценарії розвитку з урахуванням змін зовнішнього середовища. На заключному етапі відбувається формування управлінських рекомендацій і пропозицій щодо оптимізації фінансової, логістичної та інвестиційної політики підприємства. У результаті, підприємство отримує не просто набір статистичних показників, а динамічну систему стратегічного аналізу, що здатна реагувати на коливання ринку, зміни валютних курсів, тарифного регулювання чи логістичних маршрутів у реальному часі.

Після кожного завершеного експортного циклу модель автоматично оновлює свої параметри, враховуючи розбіжності між прогнозними та фактичними результатами, що дозволяє поступово підвищувати

точність аналітичних прогнозів і адаптуватися до нових ринкових умов.

Отже, інтеграція всіх описаних блоків – фінансового, операційного, ризик-орієнтованого, екологічного та цифрово-технологічного – в єдину систему створює комплексну інтегровану модель підтримки управлінських рішень, що забезпечує багатовимірне бачення ефективності експортних операцій у морегосподарському комплексі. На відміну від традиційних підходів, які зосереджуються на окремих аспектах діяльності, така модель дає змогу здійснювати цілісний аналіз – від оцінки прибутковості кожного контракту до прогнозування впливу зовнішніх ризиків і визначення стратегічних напрямів розвитку підприємства. Завдяки цій інтеграції формується єдина аналітична екосистема, у межах якої взаємопов'язані всі рівні управління – фінансовий, операційний, технологічний та екологічний, – що дозволяє приймати управлінські рішення на основі повної, актуальної та взаємопов'язаної інформації.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Застосування інтегрованої фінансової моделі оцінювання ефективності експортних операцій підприємств морегосподарського комплексу дозволяє суттєво підвищити рівень обґрунтованості управлінських рішень у стратегічному плануванні та ризик-менеджменті. Її основна перевага полягає у можливості одночасного врахування фінансових, операційних, екологічних і регуляторних чинників, що формують реальні умови функціонування галузі. На відміну від традиційних фінансових моделей, які обмежуються оцінкою інвестиційних показників, інтегрований підхід забезпечує системний аналіз, де кожен блок взаємодіє з іншими, створюючи єдину аналітичну екосистему.

Особливу увагу в рамках моделі приділено механізму адаптації до ризиків. В умовах геополітичної турбулентності, коливань валютних курсів і зміни тарифних умов саме ризик-орієнтований компонент стає важливим для забезпечення стабільності експортних потоків. Таким чином, модель не лише описує поведінку системи в умовах невизначеності, але й пропонує практичні механізми її управління.

З позицій стратегічного управління модель має значний потенціал практичного застосування. Вона може стати інструментом для оцінювання інвестиційної привабливості проєктів розвитку портової інфраструктури, модернізації суднобудівних підприємств, цифровізації логістичних процесів. Її гнучка структура дозволяє налаштовувати вагові коефіцієнти залежно від пріоритетів підприємства – наприклад, на користь інноваційності, екологічності чи фінансової стійкості. Водночас модель може бути інтегрована в інформаційні системи стратегічного управління (ERP, BI-платформи), що забезпечує її використання як цифрового інструменту підтримки управлінських рішень.

Важливою характеристикою інтегрованої фінансової моделі є її адаптивність до різних рівнів аналізу – від мікрорівня (окреме підприємство чи контракт) до макrorівня (кластер або регіональний морегосподарський комплекс). Це відкриває перспективи її використання в аналітичних підрозділах міністерств, агентств морського транспорту та економічного розвитку для оцінки динаміки галузі, формування стратегій експортної підтримки, визначення інвестиційних пріоритетів і розробки політик стимулювання сталого розвитку морських кластерів.

Розроблена модель також може бути основою для побудови системи моніторингу ефективності державних програм підтримки експортерів. Наприклад, вона може оцінювати, наскільки державні інвестиції у портову інфраструктуру, цифровізацію логістики чи зелений флот впливають на зростання операційної ефективності та експортних доходів. Це дозволяє формувати науково обґрунтовану політику управління державними ресурсами на основі кількісних показників, а не лише експертних суджень.

У межах дискусії важливо зазначити, що ефективність інтегрованої моделі значною мірою залежить від якості вихідних даних, рівня цифрової зрілості підприємств та готовності менеджменту до прийняття рішень на основі аналітики. Для більшості українських підприємств морегосподарського комплексу це потребує додаткових організаційних зусиль – запровадження єдиних стандартів фінансової звітності, розбудови систем збору та обробки операційних даних, створення внутрішніх аналітичних відділів. У цьому контексті важливим завданням подальших досліджень є формування методології гармонізації даних між різними учасниками морського ринку – портами, суднобудівними підприємствами, логістичними операторами та експортерами.

Окрім того, подальший розвиток моделі передбачає розширення її функціональності через використання інструментів штучного інтелекту, здатних до самонавчання. Зокрема, застосування нейронних мереж може підвищити точність прогнозування зміни ринкової кон'юнктури, а системи нечіткої логіки (fuzzy logic) – покращити обробку нечітких експертних оцінок. Інтеграція моделі у хмарні цифрові платформи створює можливості для її спільного використання різними підприємствами, що сприятиме формуванню національної аналітичної екосистеми морегосподарського комплексу.

Інтегрована фінансова модель є ефективним аналітичним інструментом, здатним поєднати економіко-математичний апарат із практичними завданнями стратегічного управління. Вона забезпечує не лише підвищення точності оцінки ефективності експортних операцій, але й сприяє зміцненню фінансової стійкості підприємств, підвищенню їхньої конкурентоспроможності та адаптивності до викликів сучасного глобального середовища.

ВИСНОВКИ

Розроблена в межах дослідження інтегрована фінансова модель оцінювання ефективності експортних операцій підприємств морегосподарського комплексу є інструментом нового покоління, що дозволяє системно поєднати фінансові, операційні, логістичні, ризикові та екологічні параметри в єдиному аналітичному полі. Такий підхід забезпечує можливість комплексного аналізу не лише результативності окремих експортних контрактів, а й загальної стратегії підприємства у сфері зовнішньоекономічної діяльності. Модель орієнтована на практичне використання в умовах високої ринкової волатильності, нестабільності валютного середовища та зростання регуляторних вимог, що робить її релевантною для підприємств морегосподарського комплексу, які функціонують у складних, часто непередбачуваних умовах.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що запропонована модель виходить за межі традиційних фінансових підходів, які базуються переважно на статичних показниках прибутковості (NPV, IRR, термін окупності), і враховує динамічну природу морських перевезень, циклічність фрахтових ставок, ефект взаємодії логістичних ланцюгів і зовнішні ризики. У моделі вперше поєднано економіко-математичні методи аналізу (DEA, регресійне моделювання, симуляції Монте-Карло) з фінансовими індикаторами та нефінансовими метриками – часовими, енергетичними, екологічними та цифровими. Це дозволяє не лише

оцінювати минулу ефективність експортних операцій, а й формувати прогностичні сценарії розвитку, що має ключове значення для стратегічного управління та інвестиційного планування.

Практична цінність інтегрованої фінансової моделі полягає у її здатності підтримувати ухвалення управлінських рішень у реальному часі. Модель може використовуватись як у межах окремих підприємств – для планування контрактів, розподілу ресурсів, управління валютними ризиками, – так і на рівні галузевих структур та державних органів – для оцінки ефективності експортної політики, програм підтримки суднобудування чи розвитку портової інфраструктури. Вона може стати основою для створення інтелектуальної аналітичної платформи морегосподарського комплексу, інтегрованої з національними інформаційними системами економічного моніторингу.

Важливою перевагою моделі є її адаптивність і модульність: вона може бути налаштована під специфіку різних підсекторів морегосподарського комплексу – від портових операторів до суднобудівних підприємств і логістичних сервісів.

Отже, інтегрована фінансова модель є аналітичним інструментом, який здатен підвищити рівень стратегічного управління в морегосподарському комплексі, зміцнити фінансову стійкість підприємств і забезпечити ефективне реагування на зміни зовнішнього середовища.

REFERENCES

- [1] Ilchenko, S. V., Hryshchenko, V. F., & Hryshchenko, I. V. (2023). Analiz diialnosti sudnoplavnykh kompanii v Ukraini [Analysis of shipping companies' activity in Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Ekonomika*, No. 15, pp. 66–73. Retrieved from: <http://tnv-econom.ksauniv.ks.ua/index.php/journal/article/view/324/303>
- [2] Kopylova, O. (2024). Zminy u hlobalnomu finansuvanni sudnoplavstva: prychyny ta naslidky [Changes in global shipping financing: causes and consequences]. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. Vol. 3, No. 6, pp. 45–53. Retrieved from: <https://isg-journal.com/isjmef/article/view/896/501>
- [3] Bazaluk, O., Zhykharieva, V., Vlasenko, O., Nitsenko, V., Streimikiene, D., & Balezentis, T. (2022). Optimization of the equity in formation of investment portfolio of a shipping company. *Mathematics*. Vol. 10(3), No. 363, pp. 1–15. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/3/363>
- [4] Danladi, C., Tuck, S., Tziogkidis, P., Tang, L., & Okorie, C. (2024). Efficiency analysis and benchmarking of container ports operating in lower-middle-income countries: a DEA approach. *Journal of Shipping and Trade*. Vol. 9(1), pp. 1–24. Retrieved from: <https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-024-00163-2>
- [5] Brealey, R. A., Myers, S. C., Allen, F., & Edmans, A. (2025). Principles of corporate finance. McGraw-Hill Irwin. 402 p. Retrieved from: <https://www.mheducation.com/content/dam/mhe/blog/higher-ed/2025/pdfs/brealey-principles-of-corporate-finance-evergreen-2025.pdf>
- [6] Damodaran, A. (2025). Investment valuation. Tools and techniques for determining the value of any asset. 4th ed. John Wiley & Sons. 1354 p. Retrieved from: <https://www.wiley.com/en-us/Investment+Valuation%3A+Tools+and+Techniques+for+Determining+the+Value+of+Any+Asset%2C+4th+Edition-p-9781394254613>
- [7] Charalampos, B., Ioannis, K., & Alexandros, G. (2022). VaR as a mitigating risk tool in the maritime sector: An empirical approach on freight rates. *Quantitative Finance and Economics*. Vol. 6(2), pp. 158–176. Retrieved from: <https://www.aimspress.com/aimspress-data/qfe/2022/2/PDF/QFE-06-02-007.pdf>
- [8] Likitratcharoen, D., & Suwannamalik, L. (2024). Assessing financial stability in turbulent times: A study of generalized autoregressive conditional heteroskedasticity-type value-at-risk model performance in Thailand's transportation sector during COVID-19. *Risks*. Vol. 12(3), No. 51, pp. 1–19. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2227-9091/12/3/51>
- [9] Polemis, D., & Bentsos, C. (2025). The effect of economic policy uncertainty and geopolitics on LNG freight rates across different market conditions. *Scientific Journal of Maritime Research-Pomorstvo*. Vol. 39, No. 1, pp. 33–44. Retrieved from: <https://hrcak.srce.hr/en/file/478527>

- [10] Danladi, C., Tuck, S., Tziogkidis, P., Tang, L., & Okorie, C. (2025). The impact of port sector reforms on the productivity and efficiency of container ports in lower-middle-income countries: a Malmquist productivity index approach. *Journal of Shipping and Trade*. Vol. 10(1), No. 18, pp. 1–27. Retrieved from: <https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-025-00208-0>
- [11] Wang, C. N., Nguyen, N. A. T., Fu, H. P., Hsu, H. P., & Dang, T. T. (2021). Efficiency assessment of seaport terminal operators using DEA Malmquist and epsilon-based measure models. *Axioms*. Vol. 10(2), No. 48, pp. 1–19. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2075-1680/10/2/48>
- [12] International Maritime Organization. (2023). 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions From Ships. Retrieved from: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf>
- [13] Bogalecka, M., & Dąbrowska, E. (2023). Monte Carlo simulation approach to shipping accidents consequences assessment. *Water*. Vol. 15 (10), No. 1824, pp. 1–33. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/10/1824>

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Лыченко, С. В., Грищенко, В. Ф., Грищенко, І. В. Аналіз діяльності судноплавних компаній в Україні. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, 2023, № 15, С. 66–73. URL: <http://tnv-econom.ksauniv.ks.ua/index.php/journal/article/view/324/303>
- [2] Копилова, О. Зміни у глобальному фінансуванні судноплавства: причини та наслідки. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, 2024, Vol. 3, № 6, P. 45–53. URL: <https://isg-journal.com/isjmef/article/view/896/501>
- [3] Bazaluk, O., Zhykharieva, V., Vlasenko, O., Nitsenko, V., Streimikiene, D., Balezentis, T. Optimization of the equity in formation of investment portfolio of a shipping company. *Mathematics*, 2022, Vol. 10(3), № 363, P. 1–15. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/3/363>
- [4] Danladi, C., Tuck, S., Tziogkidis, P., Tang, L., Okorie, C. Efficiency analysis and benchmarking of container ports operating in lower-middle-income countries: a DEA approach. *Journal of Shipping and Trade*, 2024, Vol. 9(1), P. 1–24. URL: <https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-024-00163-2>
- [5] Brealey, R. A., Myers, S. C., Allen, F., Edmans, A. Principles of corporate finance. McGraw-Hill Irwin, 2025. 402 p. URL: <https://www.mheducation.com/content/dam/mhe/blog/higher-ed/2025/pdfs/brealey-principles-of-corporate-finance-evergreen-2025.pdf>
- [6] Damodaran, A. Investment valuation. Tools and techniques for determining the value of any asset. 4th ed. John Wiley & Sons, 2025. 1354 p. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Investment+Valuation%3A+Tools+and+Techniques+for+Determining+the+Value+of+Any+Asset%2C+4th+Edition-p-9781394254613>
- [7] Charalampos, B., Ioannis, K., Alexandros, G. VaR as a mitigating risk tool in the maritime sector: An empirical approach on freight rates. *Quantitative Finance and Economics*, 2022, Vol. 6(2), P. 158–176. URL: <https://www.aimspress.com/aimspress-data/qfe/2022/2/PDF/QFE-06-02-007.pdf>
- [8] Likitracharoen, D., Suwannamalik, L. Assessing financial stability in turbulent times: A study of generalized autoregressive conditional heteroskedasticity-type value-at-risk model performance in Thailand's transportation sector during COVID-19. *Risks*, 2024, Vol. 12(3), № 51, P. 1–19. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9091/12/3/51>
- [9] Bentsos, C., Polemis, D. The effect of economic policy uncertainty and geopolitics on LNG freight rates across different market conditions. *Scientific Journal of Maritime Research-Pomorstvo*, 2025, Vol. 39. № 1. P. 33–44. URL: <https://hrcak.srce.hr/en/file/478527>
- [10] Danladi, C., Tuck, S., Tziogkidis, P., Tang, L., Okorie, C. The impact of port sector reforms on the productivity and efficiency of container ports in lower-middle-income countries: a Malmquist productivity index approach. *Journal of Shipping and Trade*, 2025, Vol. 10(1), № 18, P. 1–27. URL: <https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-025-00208-0>
- [11] Wang, C. N., Nguyen, N. A. T., Fu, H. P., Hsu, H. P., Dang, T. T. Efficiency assessment of seaport terminal operators using DEA Malmquist and epsilon-based measure models. *Axioms*, 2021, Vol. 10(2), № 48, P. 1–19. URL: <https://www.mdpi.com/2075-1680/10/2/48>
- [12] International Maritime Organization. 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions From Ships. 2023. URL: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf>
- [13] Bogalecka, M., Dąbrowska, E. Monte Carlo simulation approach to shipping accidents consequences assessment. *Water*, 2023, Vol. 15 (10), № 1824, P. 1–33. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/10/1824>

© Рогов В. Г.

Дата надходження статті до редакції: 17.10.2025

Дата затвердження статті до друку: 09.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0