

Решетков Д.М.

Одеський національний морський університет

Коскіна Ю.О.

Одеський національний морський університет

ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ – ВИМОГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Стаття присвячена огляду та актуалізації ситуації поточних процесів реалізації заходів декарбонізації у секторі морських вантажних перевезень, які є логічним наслідком глобальних світових цілей зі зменшення викидів парникових газів у атмосферу. Судноплавство взагалі та торговельний флот зокрема залучені до вирішення проблеми екологізації морської галузі, яке реалізується у вимогах та правилах щодо декарбонізації морського флоту. У статті коротко подано цілі ІМО, проголошені з метою декарбонізації морської галузі, вказано основні «вузькі» місця їх реалізації. Подано аналіз викидів парникових газів, виходячи з типу суден та країни прапору. Досягнення цілей, проголошених ІМО відповідно до поетапних контрольних точок є проблематичним для судновласників. Перехід на альтернативні види палива, як один із способів скорочення викидів вуглецю, є доволі повільним, адже потребує значних інвестицій у модернізацію наявного флоту та врахування нових вимог при замовленнях побудови нових суден. Зазначено, що декарбонізація флоту як такого не є можливою без відповідних організаційних, технологічних та інвестиційних рішень та внесення необхідних змін у практику бункерування суден. Ситуація ускладнюється і неузгодженою юридичною базою, у зв'язку із специфікою оформлення приналежності флоту відповідно до прапору, під яким судна зареєстровані, та країною резиденції власника суден. Наголошено на важливості комплексного галузевого вирішення проблеми декарбонізації флоту. Адже судноплавні компанії не можуть досягти поставленої мети самотійно, бо це пов'язано зі швидкими та вагомими інвестиціями, розробкою уніфікованої нормативно-правової бази, розробкою та впровадженням інноваційних техніко-технологічних рішень, розширенням та посиленням горизонтальної та вертикальної співпраці між суб'єктами морського судноплавства. У зв'язку з цим відзначено ключову роль портів у реалізації заходів з декарбонізації морських перевезень. Наголошено на необхідності приєднання України до ініціатив у цієї сфері, що має бути враховано у майбутніх проєктах розвитку вітчизняного морського транспорту.

Ключові слова: декарбонізація, викиди парникових газів, морський транспорт, перевезення, судна, порти.

Постановка проблеми. Проблема екологічності морського транспорту, розробка методів та заходів щодо її вирішення останніми роками суттєво змінила фокус – забруднення нафтою, яке розглядалось основним забруднювачем морського середовища у 90-х рр. минулого сторіччя, відійшло на другий план, поступившись проблемі викидів парникових газів (далі – ПГ). Останніми десятиріччями, завдяки більшій проінформованості та розумінню проблем зміни клімату, причиною чого власне і є викиди ПГ, дещо змінився погляд на екологічність морської галузі, висунувши питання її декарбонізації на порядок денний. Цьому сприяють і розробка та впровадження численної кількості правил, які регулюють торговельне судноплавство у частині обмежень викидів ПГ в атмосферу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проголошені у [1] цілі зі стабілізації концентра-

цій парникових газів в атмосфері на такому рівні, який не допускав би небезпечного антропогенного впливу на кліматичну систему у строки, необхідні для природної адаптації екосистем до зміни клімату, мають, безумовно, міжнародний та міжгалузевий характер, що викликало неабиякий інтерес у науковців та аналітиків різних галузей економіки та виробництва, як за кордоном [2-6], так і в нашій країні [7-11].

У торговельному судноплавстві, робота якого має міжнародний характер, проблемою зниження викидів опікуються міжнародні організації та установи, зокрема Міжнародна морська організація (далі – ІМО) та Рада з торгівлі та розвитку ООН. Нормативні документи, розроблені названими організаціями, призвели до активного пошуку можливостей їх імплементації у науково-дослідній сфері. Серед публікацій останніх років,

присвячених поставленим ІМО задачам щодо декарбонізації судноплавства, шляхам їх досягнення та викликам, які постають перед галуззю, можна виділити [12-16]. Серед вітчизняних авторів проблеми декарбонізації морської галузі досліджено та викладено у публікаціях останніх років [17-20], при цьому окремі автори [наприклад, 19, 20] акцентують увагу на вирішенні проблеми декарбонізації портової діяльності, оскільки на сьогодні саме порти є найбільш розвинутим елементом морської галузі України.

Постановка завдання. Метою статті є актуалізація ситуації із декарбонізацією судноплавства, зокрема – торговельного флоту, як одного з ключових елементів морського транспорту, враховуючи сучасний стан та перспективи розвитку торговельного флоту та впливом вимог ІМО до флоту у частині зменшення викидів ПГ.

Виклад основного матеріалу. На торговельне судноплавство, яке відіграє ключову роль у забезпеченні світового торговельного обороту, перепадає біля 3% світових викидів парникових газів. Останніми роками проблема зниження викидів парникових газів у секторі торговельного судноплавства набула особливої актуальності, оскільки протягом останнього десятиріччя викиди збільшились на 20% [21], незважаючи на зниження викидів на 1 тонно-милю.

Викиди парникових газів, окрім інших факторів (інтенсивність світової морської торгівлі та відповідних обсягів морських вантажних перевезень, суттєво залежать від суден – їх типу, віку та розміру. Типи суден, які використовуються у торговельному судноплавстві, поділяють на контейнеровози та судна для перевезень масових (сухих і наливних) вантажів. Серед них судна балкерного типу, які залучаються до транспортного обслуговування сухих масових вантажів становлять 40%, частки суден для перевезень наливних вантажів

(танкери) і контейнеровозів є більше або менше однаковими (рис. 1).

Незважаючи на переважну частку балкерів, більша кількість викидів CO₂ перепадає саме на контейнеровози (рис. 2).

Якщо аналізувати кількість викидів CO₂ суднами, виходячи з країн їх володіння, то найбільша частка перепадає на судна судноплавні компанії Китаю, Греції та Японії. Це наразі не збігається із країнами, які є лідерами за кількістю та тоннажем суден, зареєстрованим під їх прапором – Ліберія, Маршалові Острови та Панама (табл. 1).

За результатами 2022 р. на судна, зареєстровані під прапорами Ліберії, Маршаллових Островів та Панами, які є лідерами за кількістю та тоннажем флоту (табл. 1) перепадало більше третини світових викидів CO₂. Регістри країн так званого «зручного прапору» надають прапори суднам фактичних власників з інших країн. У свою чергу судовласники інвестують кошти у різні типи суден, серед яких є як більше, так і менш енергоефективні, що власне і визначає рейтинг прапорів країн за викидами (рис. 3).

У цьому сенсі важливим питанням є розробка нормативно-правової бази, яка б передбачала узгоджені країнами рішення та правила, оскільки їх розрізнені вимоги можуть гальмувати отримання необхідних результатів. Саме універсальність нормативно-правової бази щодо декарбонізації флоту, яка розповсюджуватиметься на судна незалежно від прапору, країни реєстрації та/або власника тощо, забезпечать рівні умови дотримання правил та вимог.

Торговельні судна мають доволі значний термін експлуатації, тому характеризуються значним віком – багато які з них є наразі застарілими для модернізації. У той самі час, нещодавно збудовані судна, які не відповідають сучасним вимогам, є занадто молодими для утилізації. То вік

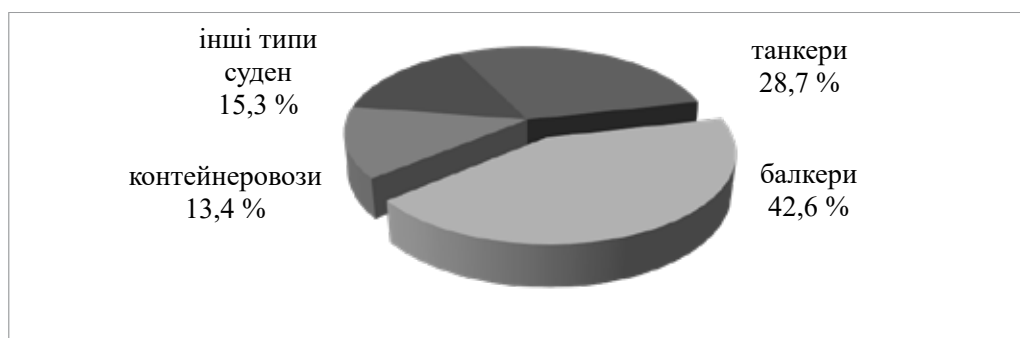


Рис. 1. Структура світового торговельного флоту за типами суден, %

Джерело: сформовано авторами за даними [22]



Рис. 2. Частка викидів CO₂ від суден різних типів (середнє значення за період 2012-2023 рр.), %
Джерело: сформовано авторами за даними [21]

Таблиця 1

Провідні прапори реєстрації суден за тонами дедвейту станом на 1 січня 2024 р.

Ранг	Прапори реєстрації	Кількість суден	Частка світової загальної ваги суден (%)	Тонни дедвейту	Частка світової загальної дедвейту в тоннах (%)	Середній розмір судна (т дедвейту)	Зростання дедвейту в тоннах 2023 до 2024 (%)
1	Ліберія	5 215	4,8	408 369	17,3	78 307	7,9
2	Панама	8 338	7,7	379 833	16,1	45 554	3,8
3	Маршаллові острови	4 273	3,9	308 501	13,1	72 198	2,9
4	Гонконг, Китай	2 487	2,3	200 378	8,5	80 570	0,0
5	Сінгапур	3 245	3,0	141 013	6,0	43 455	4,3
6	Китай	9 530	8,8	133 647	5,7	14 024	4,8
7	Мальта	1 867	1,7	102 467	4,4	54 883	-6,0
8	Багами	1 266	1,2	72 438	3,1	57 218	0,5
9	Греція	1 211	1,1	56 279	2,4	46 473	-4,5
10	Японія	5 265	4,8	43 007	1,8	8 168	3,1

Джерело: сформовано авторами за даними [21]

Таблиця 2

Розподіл торговельного флоту за віком, %

Тип суден	До 10 років	10-14 років	старше за 15 років
Балкери	71	14	15
Танкери	54	25	21
Контейнеровози	56	27	17
Універсальні	35	25	21

Джерело: сформовано авторами за даними [22]

суден торговельного флоту (табл. 2) також може у певному сенсі може стати на заваді своєчасності досягнення цілей декарбонізації по ключовим точкам.

Враховуючи світовий масштаб проблеми, ІМО приділяє значну увагу вирішенню проблеми

декарбонізації торговельного судноплавства, встановлюючи за мету – нульовий рівень викидів ПГ до 2050 р. за рахунок, зокрема, широкого впровадження альтернативних видів палива для морських суден із нульовим або близьким рівнем викидів ПГ. Досягнення такої мети фіксу-

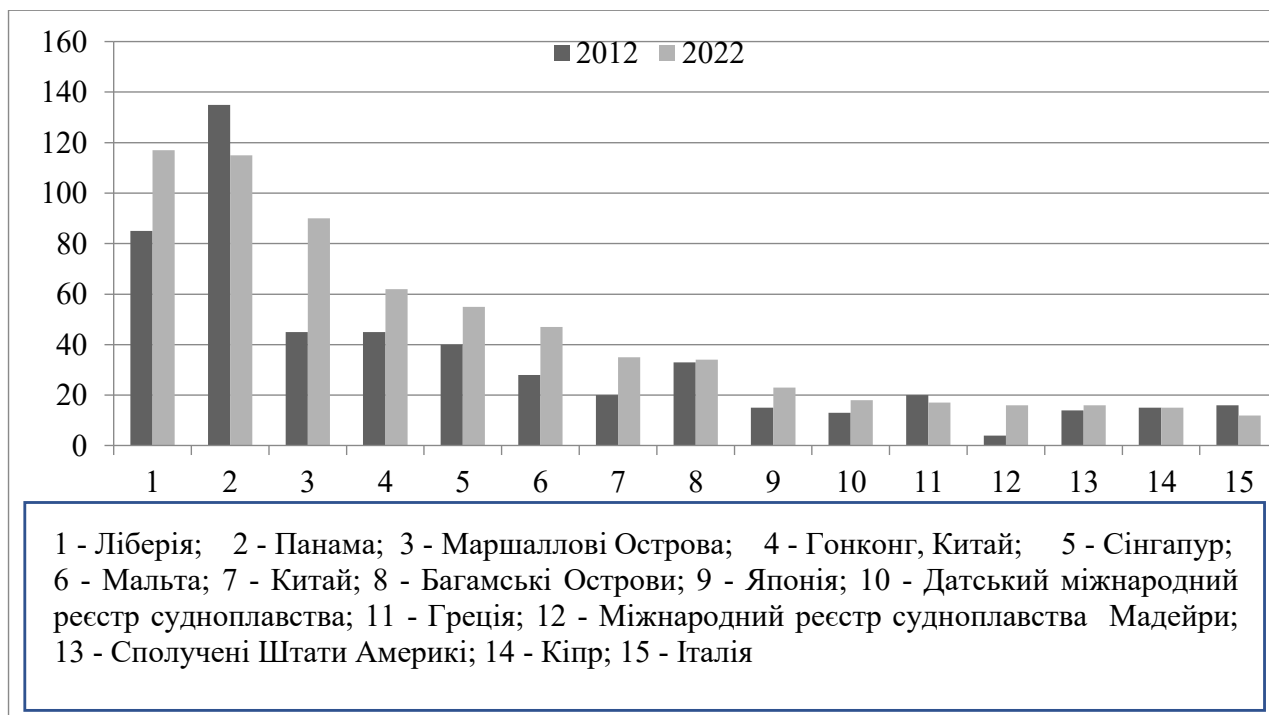


Рис. 3. Викиди вуглекислого газу за основними прапорами реєстрації суден, млн. т

Джерело: сформовано авторами за даними [21]

ється контрольними точками: до 2030 р. – зменшення викидів до 20-30% порівняно із 2008 р., до 2040 р. – до 70-80% порівняно із 2008 р.

Виконання таких завдань наразі є доволі складним з точки зору судновласників-операторів торговельного флоту. Дотримання вказаних вимог ІМО покладається на країни прапору, у той час як інвестиційні рішення щодо замовлення на побудову нового тоннажа (або переобладнання існуючого), що власне і визначає рішення щодо типу двигунів та палива, ухвалюються фактичними власниками суден. Досягнення цілей з поступового звниження викидів ПГ означає і низку рішень операційного характеру, які впливатимуть на комерційну складову діяльності судноплавних компаній, зокрема – маршрути виконання рейсів та швидкість руху суден на переходах.

Перехід на альтернативні види палива знаходиться на початковому етапі. Проголошені ІМО вимоги щодо декарбонізації суден передбачають, що на контрольну точку 2030 р. паливо із низьким рівнем викидів має становити 5% загального споживання палива. На сьогодні наразі використання альтернативних видів палива (здебільшого – скраплений природний газ, у меншому ступені – акумуляторні батареї, метанол та скраплений нафтовий газ) трохи перевищують 1%, у той час як 99%

суден торговельного флоту працюють на традиційних сортах палива. Тим не менш, судноплавні компанії, розміщаючи на суднових верфях замовлення на побудову суден, вархують вимоги ІМО: більше 20% замовлених суден призначені для роботи саме на альтернативному паливі, що свідчить про певний рост попиту на судна, більш екологічні, ніж традиційні.

Вимоги ІМО створюють певні складнощі і для суднобудівництва, адже потужності верфей обмежені як високими цінами на будівництво/переобладнання суден, так і тривалим часом очікування як побудови, так і переобладнання суден. Встановлені ІМО вимоги означають для верфей, що до 2050 р. мають будуватися та/або переобладнюватися біля 3500 суден щороку. Однак кількість верфей за останні 15 років зменшилась, а пік побудови суден склав 2700 одиниць (2010 р.). Викладене може спровокувати складну ситуацію із існуючим флотом, який не потрапляє під оновлення відповідно до вимог ІМО щодо палива – адже вони потребуватимуть більшого часу на виконання звичайних ремонтних робіт.

Відповідно до змін у технічній експлуатації суден, обумовлених вимогами щодо використання палива, щоб забезпечувати мінімізацію викидів ПГ, мають досконалюватися і бункерувальні тех-

нолоїї. За орієнтовними оцінками фахівців галузі [21], інвестиції у модернізацію бункерувальної інфраструктури і досконаленні бункерувальних технологій потребуватимуть навіть більших інвестицій, ніж інвестиції у флот: досягнення нульових викидів до 2050 р. потребуватиме від 28 до 90 млрд. дол. США на рік. У цьому контексті особливого значення набувають і морські порти, які можуть стати пунктами зберігання та доставки альтернативного суднового палива, за їх забезпечення необхідним бункерувальним обладнанням.

Однією з таких ініціатив є «Зелений та цифровий судноплавний коридор Роттердам-Сінгапур», створений у 2022 р. Ця ініціатива охоплює такі зацікавлені сторони, як судноплавні компанії, портові адміністрації та оператори, постачальники палива, паливні коаліції та асоціації, банки та навчальні заклади. На сьогоднішній день вона об'єднує 26 партнерів і спрямована на реалізацію кількох експериментальних проєктів та тестування комерційних структур з метою прискорення впровадження палива з нульовим та близьким до нуля рівнем викидів, такого як синтетичні та біологічні варіанти метанолу, аміаку, метану та водню. У рамках ініціативи «Зелене судноплавство», що стартувала у 2022 р., країни та партнери з приватного сектору співпрацюють з таких питань, як розробка маршрутів «зелених коридорів», проведення техніко-економічних досліджень щодо освоєння відновлюваних джерел енергії для суден та пов'язаних з енергетикою технологій, розробка нормативних положень та модернізація суден.

Порти у регіонах «зелених коридорів» тісно співпрацюють із судноплавними компаніями, щоб створити необхідну інфраструктуру для екологічно чистих видів палива, таких як водень, аміак та біопаливо. Ці зусилля мають вирішальне значення для створення стійкої галузі морських перевезень, здатної відповідати майбутнім екологічним стандартам та скоротити свій вуглецевий слід.

Висновки. Україні, яка прагне підвищити продуктивність та конкурентоспроможність на міжнародному рівні, у тому числі – і на ринку міжнародних морських перевезень, необхідно буде заздалегідь розробити дорожню карту та забезпечити необхідні ресурси, а також розробити числену кількість правил, які регулюють морську галузь загалом та торговельне судноплавство зокрема у частині обмежень викидів ПГ у атмосферу. Визначення таких пріоритетів та робота щодо їх реалізації саме зараз дуже важлива, оскільки Україна, як і ЄС, проходить етап значних змін, але пріоритети довгострокових проєктів мають сприяти розвитку вітчизняного морського флоту. Отриманий у результаті аналізу теорії та практики декарбонізації сектору морських перевезень перелік рушійних сил, проблем, переваг та недоліків сприяє розумінню основних аспектів, які необхідно враховувати у майбутніх проєктах розвитку морського транспорту в Україні. Україні необхідно рішуче сприяти розвитку морського транспорту з нульовими викидами та брати активну участь у світових заходах у цьому напрямку.

Список літератури:

1. Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_044#Text
2. Gailani A., Cooper S., Allen S. Pi A., Taylor P., Gross R. Assessing the potential of decarbonization options for industrial sectors. *Joule*. Vol. 8, Iss. 3. 2024. P. 576–603. DOI: 10.1016/j.joule.2024.01.007
3. Triani M. Overview of the Decarbonization Options for the Electricity Sector: Opportunities and Challenges. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science* 2023. 1248(1):012004 DOI:10.1088/1755-1315/1248/1/012004
4. Fleiter T., Herbst A., Rehfeldt M., Arens M. Industrial Innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry. URL: https://climate.ec.europa.eu/system/files/2020-07/industrial_innovation_part_2_en.pdf
5. High-Emitting Sectors: Challenges and Opportunities for Low-Carbon Suppliers. Insight Report September 2024. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_High_Emitting_Sectors_Challenges_and_Opportunities_for_Low_Carbon_Suppliers_2024.pdf
6. Rajabloo T., De Ceuninck W., Van Wortswinkel L., Rezakazemi M., Aminabhavi T. Environmental management of industrial decarbonization with focus on chemical sectors: A review. *Journal of Environmental Management*. 2022. Vol. 302, Part B. Article 114055. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114055>
7. Декарбонізація української енергетики (економіки): вплив російської агресії, амбітні цілі та потенційні можливості для України в післявоєнний період. URL: <https://razumkov.org.ua/images/2022/10/26/2022-Decarbonisation.pdf>
8. Гнедіна К.В., Сорока А.В. Декарбонізація економіки як чинник забезпечення кліматично нейтрального майбутнього: сучасні виклики і перспективи в Україні та світі. *Економіка та суспільство*. 2023.

Вип. 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-76>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2804>

9. Теоретико-прикладні аспекти декарбонізації та розвитку розподіленої електроенергетики України : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима ; авт. кол. : М. О. Кизим, В. Є. Хаустова, В. В. Шпілевський, Є. І. Котляров, Т. І. Салашенко, Є. М. Крячко, Є. С. Колбасін, Д. М. Костенко, О. В. Шпілевський, О. В. Лелюк, Г. В. Мілютін. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. 344 с.

10. Гринюк О. Ідентифікація ризиків декарбонізації нафтогазової галузі. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022, № 4. С. 185-191. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-308-4-29>

11. Гура К.Ю., Петрук В.Г. Аналіз сучасних тенденцій декарбонізації та екомодернізації енергетики України і світу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. № 5. с 19-26. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-19-26>

12. Wan, Z., el Makhoulfi, A., Chen, Y., & Tang, J. Decarbonizing the international shipping industry: Solutions and policy recommendations. *Marine Pollution Bulletin* 2018. Vol. 126, p. 428–435. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.064>

13. Wu, M., Li, K.X., Xiao, Y., & Yuen, K.F. (2022). Carbon Emission Trading Scheme in the shipping sector: Drivers, challenges, and impacts. *Marine Policy*. 2022. No 138. Article 104989. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104989>

14. Zanolatti F., Pio G., Jafarzadeh S., Munoz Ortiz M., Cozzani V. Decarbonization power systems of maritime transport: Sustainability assessment of alternative. *Journal of Cleaner Production*. 2023. No 417. Article 137989. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137989>

15. Trivyza, N.L., Rentizelas, A., Theotokatos, G. Decision support methods for sustainable ship energy systems : a state-of-the-art review. *Energy*. 2022. Vol. 239, Article 122288. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122288>

16. Karaš A.: Smart Port as a Key to the Future Development of Modern Ports. *TransNav, The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2020. Vol. 14, No. 1, pp. 27-31. <https://doi.org/10.12716/1001.14.01.01>

17. Onishchenko O., Golikov, V., Melnyk O., Onyshchenko S., Obertiur K. Technical and operational measures to reduce greenhouse gas emissions and improve the environmental and energy efficiency of ships. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2022. Vol. 116. p. 223-235. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.116.14>

18. Yeremenko K. International Maritime Organization and Decarbonization of Maritime Industry: Mandate and Instruments. *Lex Portus*. 2022. Vol. 8(3). P. 30–57. <https://doi.org/10.26886/2524-101X.8.3.2022.2>

19. Решетков Д.М., Павлова Н.Л. Глобальні ініціативи щодо декарбонізації морського транспорту. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 33 (72) № 5 2022. С. 312-317. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/48>

20. Решетков Д.М., Бондарюк М.А., Онищенко С.П. Сутність, переваги та існуючий досвід розвитку розумних портів. *Розвиток транспорту*. 2022. № 4 (15). С. 108-122. DOI <https://doi.org/10.33082/td.2022.4-15.09>

21. Review of Maritime Transport 2023: Towards A Green And Just Transition. United Nations, Geneva. 2023. 126 p.

22. Review of Maritime Transport 2021. United Nations, Geneva. 2021. 147 p.

Reshetkov D.M., Koskina Yu.O. DECARBONIZATION OF SEA CARRIAGES – REQUIREMENTS AND PERSPECTIVES

The article is noted the reviewing and updating the situation of the current processes of implementing decarbonization measures in the maritime cargo transportation sector; which are a logical consequence of the global world goals to reduce greenhouse gas emissions into the atmosphere. Shipping in general and the merchant fleet in particular are involved in solving the problem of greening the maritime industry, which is implemented in the requirements and rules for the decarbonization of the maritime fleet. The article briefly outlines the IMO's goals for decarbonization of the maritime industry and identifies the main bottlenecks in their implementation. An analysis of greenhouse gas emissions based on ship type and flag country is presented. Achieving the targets declared by the IMO in accordance with the milestones is problematic for shipowners. The transition to alternative fuels as a way to reduce carbon emissions is rather slow, as it requires significant investments in modernization of the existing fleet and consideration of new requirements when ordering new ships. It is noted that the decarbonization of the fleet as such is not possible without appropriate organizational, technological and investment solutions and the necessary changes in the practice of bunkering ships. The situation is further complicated by an inconsistent legal framework due to the specifics of registration of fleet ownership in accordance with the flag under which the vessels are registered and

the country of residence of the vessel owner. The importance of a comprehensive sectoral solution to the problem of fleet decarbonization is emphasized. After all, shipping companies cannot achieve this goal on their own, as it involves rapid and significant investments, the development of a unified regulatory framework, the development and implementation of innovative technical and technological solutions, and the expansion and strengthening of horizontal and vertical cooperation between shipping entities. In this regard, the key role of ports in the implementation of measures to decarbonize maritime transportation was noted. The need for Ukraine to join initiatives in this area was emphasized, which should be taken into account in future projects for the development of domestic maritime transport.

Key words: decarbonization, greenhouse gas emissions, maritime transport, transportation, vessels, ports.