

Решетков Д.М.

Одеський національний морський університет

Павлова Н.Л.

Одеський національний морський університет

ГЛОБАЛЬНІ ІНІЦІАТИВИ ЩОДО ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Транспорт має фундаментальне значення для реалізації Паризької угоди та Порядку денного в галузі сталого розвитку на період до 2030 р. За даними Світового Банку, на сектор транспорту в Україні припадає 40% забруднювачів повітря. Забруднення повітря перевищує національні стандарти якості повітря в найбільш населених і промислово розвинених містах України. Разом з цим, на транспорт припадає понад чверть світових викидів парникових газів. За даними Кадастру викидів парникових газів України 12% парникових газів в державі здійснюються транспортом. Зокрема, морський транспорт викидає близько 940 млн. т вуглекислого газу на рік – близько 2,5% річного загальносвітового обсягу викидів парникових газів і, згідно з галузевими оцінками, ці викиди зростатимуть, якщо не буде вжито заходів. Така ж негативна тенденція спостерігається у всій морській господарській галузі. Зростання активності в морських портах вплинули на навколишнє середовище, включаючи високі викиди вуглецю, шум в результаті діяльності в морських портах, високе споживання енергії і серйозний вплив на здоров'я населення прибережних міст поблизу морських портів. Через завантаженість суден комерційною діяльністю та операцій з підйому та розвантаження контейнерів, а також місцевої присутності рибних підприємств морські порти та навколишні міста стали вуглецевими і зазнали значних рівнів забруднення. У зв'язку з цим весь сектор морського транспорту і його підгалузі мають проявити більше ініціативи, щоб наблизитись до світових досягнень у цій сфері. У даній статті проаналізовано основні завдання щодо скорочення викидів парникових газів судноплавними компаніями. Відзначені проблеми розвитку альтернативних видів палива для морських суден. Охарактеризовано напрями інвестицій у великомасштабні енергетичні проекти і в порти країн для декарбонізації судноплавства. Доведена необхідність приєднання України до ініціатив у цій сфері.

Ключові слова: морський транспорт, декарбонізація транспорту, альтернативні види палива, судна з нульовим рівнем викидів, енергетика морських перевезень.

Постановка проблеми. Транспорт має фундаментальне значення для реалізації Паризької угоди та Порядку денного в галузі сталого розвитку на період до 2030 р. На транспорт припадає понад чверть світових викидів парникових газів. У наступні дев'ять років має відбутися глобальне зрушення у бік повсюдного використання відновлюваних джерел енергії. Надійні та безпечні транспортні системи відіграють центральну роль у цій трансформації.

За даними Кадастру викидів парникових газів України 12% парникових газів в державі виробляються транспортом, тому весь транспортний сектор і його підгалузі мають проявити більше ініціативи, щоб наблизитись до світових досягнень у цій сфері.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані з декарбонізацією транспорту є у сфері наукових інтересів багатьох вітчизняних та закордонних вчених, а також міжнарод-

них і вітчизняних організацій й установ. Зокрема дослідження в цій сфері здійснювали Організація Об'єднаних Націй [1], Світовий Банк [2], Глобальний морський форум [3], міжнародна компанія DNV GL [4] тощо. Солопун Н.М. [5] у своїй роботі розглядалось питання впливу на функціонування автомобільного транспорту «зелених» інвестицій. Агеєва Г.М. [6] досліджувала питання декарбонізації діяльності аеропортів. Кириллова О.В., Кириллова В.Ю. [7] розглянули загальні питання декарбонізації морської галузі. В роботі А. Alzahrani, Ioan Petri, Ya.Rezgui A. Ghoroghi [8] здійснено огляд існуючих технологій та концепцій, що сприяють скороченню викидів вуглецю.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз сучасних тенденцій, трендів і процесів декарбонізації морського транспорту.

Виклад основного матеріалу. Мета і завдання декарбонізації транспорту. Метою

декарбонізації є розв'язання проблеми зміни клімату і скорочення викидів парникових газів, що пов'язано з роботою транспорту. Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити ряд задач.

По-перше, необхідно прискорити декарбонізацію всього транспортного сектора. Для цього потрібно поетапно відмовитися від виробництва автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, зробити повсюдно доступними морські судна з нульовими викидами і використовувати екологічно чисті види авіаційного палива.

По-друге, слід значно підвищити безпеку транспорту. Це означає, що слід надати допомогу країнам, що розвиваються, у будівництві доріг з твердим покриттям і з виділеним простором для пішоходів і велосипедистів, а також в організації зручних та доступних видів громадського транспорту.

По-третє, необхідно підвищити стійкість транспортних систем. Інвестиції у відновлення після пандемії повинні бути націлені на створення надійного транспорту, організацію робочих місць, що гідно оплачуються, і розширення транспортних можливостей для всіх жителів планети. Громадський транспорт має стати основою міського середовища. На кожен вкладений долар він створює втричі більше робочих місць, аніж будівництво нових автомагістралей.

По-четверте, співтовариство гостро потребує тіснішої співпраці у сфері транспорту: потрібно розвивати ефективні партнерські відносини між країнами, організаціями та приватним сектором, що дозволить обмінюватися знаннями, долати розрізненість, а також використовувати існуючі фінансові та технологічні можливості для досягнення спільних цілей [1].

За даними Світового Банку, на сектор транспорту в Україні припадає 40% забруднювачів повітря [2]. Забруднення повітря перевищує національні стандарти якості повітря в найбільш населених і промислово розвинених містах України.

Україна планує стати кліматично нейтральною до 2060 р., а отже, сектор транспорту приверне ще більше уваги. Хоча цей сектор і не може стати

повністю кліматично нейтральним, бо не поглинає викиди, а лише продукує їх, у нього є великий потенціал до скорочення викидів. Для цього потрібне відповідне законодавче підкріплення та державні цілі.

Уряд України заявив про підтримку Європейської зеленої угоди та задекларував наміри рухатися на зменшення викидів, зокрема, і від транспорту. Одним із головних напрямків цього руху є цифровізація транспортних послуг, яка має сприяти зниженню викидів від транспорту. Необхідно також пропонувати і започатковувати дослідження та інновації у сфері зв'язності та автоматизованості транспорту, особливо мультимодального руху.

Судноплавство поєднає світ, постачаючи товари, необхідні суспільству. Незважаючи на те, що це робиться з найнижчим слідом вуглецю серед усіх видів транспорту на тонну перевезених вантажів, судноплавство, як і раніше, викидає значну кількість парникових газів.

Морські перевезення знаходяться серед лідерів у світі із забруднення навколишнього середовища та шкідливих викидів. Морський транспорт викидає близько 940 млн. т вуглекислого газу (CO₂) на рік – близько 2,5% річного загальносвітового обсягу викидів парникових газів і, згідно з галузевими оцінками, до 2050 р. ці викиди зростуть на 50-250 відсотків, якщо не буде вжито заходів.

Флот з нульовим рівнем викидів є комерційно життєздатним лише в тому випадку, якщо джерела енергії з нульовим рівнем викидів можуть конкурувати з традиційними видами палива. Необхідна нова політика, що регулює та стимулює судовласників, операторів та постачальників палива у напрямі, що стимулює інвестиції у нові види палива та технології для забезпечення флоту з нульовим рівнем викидів.

З метою обмеження викидів держави – члени Міжнародної морської організації (ІМО), спеціалізованої організації ООН, що відповідає за регулювання у судноплавній галузі, ухвалили початкову стратегію щодо скорочення викидів парникових газів (рис. 1).

Основні етапи стратегії щодо скорочення викидів парникових газів				
2018	2020	2023	2030	2050
ІМО приймає початкову стратегію щодо скорочення викидів парникових газів	Мандат на пальне з низьким вмістом сірки	Крайній термін короткострокової декарбонізації	Середньостроковий термін декарбонізації	Термін довгострокового річного скорочення викидів парникових газів

Рис. 1. Основні етапи на шляху до морських контейнерних перевезень з нульовим рівнем викидів (Джерело: IHS Markit [9])

У резолюції ІМО названо дві основні цілі щодо скорочення викидів парникових газів судноплавними компаніями.

Перша – це підвищення загальної ефективності парку суден на 40% до 2030 р.

Друга мета – скорочення до 2050 р. загального річного обсягу викидів як мінімум на 50% від рівня 2008 р., зі скороченням викидів до нуля або майже до нуля після 2050 р.

Проблеми розвитку альтернативних видів палива для судноплавства. Використання палив зі знизеним вуглецевим слідом при його виробництві та використанні є ключовим напрямом для зниження викидів парникових газів при судноплавстві.

Як альтернативне паливо для судноплавства в довгостроковій перспективі розглядаються: скраплений природний газ (СПГ); аміак; водень; зріджені вуглеводневі гази (ЗВГ); метанол; електрика.

Для проектів, що охоплюють виробництво палива, більшість зосереджена на зеленому водні (який виробляється з використанням відновлюваної енергії для розщеплення води на водень і кисень за допомогою електролізу). Проекти, які мають прямий зв'язок з воднем, склали більшість визначених проектів з виробництва палива (рис. 2).

Характеристики альтернативних мазуту палив з низьким вмістом сірки (LSFO) впливають на конструкцію судна, зокрема – на розмір паливних баків, а отже, на обсяг вантажів, що перевозяться, і на вартість самого судна. Так, наприклад, через низьку об'ємну щільність енергії водню, щоб заправити судно, паливні баки повинні бути в 2,5 рази більших паливних баків, ніж для заправки LSFO на одиницю енергії.

Для використання СПГ або ЗВГ баки повинні бути майже вдвічі більшими; аміак вимагає в 3,6 рази більший обсяг паливного бака, ніж LSFO, через його нижчу теплотворну здатність, тоді як для заправки зрідженим воднем потрібно обсяг паливного бака в 4,6 рази більший ніж для

LSFO, оскільки його теплотворна здатність нижче LSFO більш ніж у 10 разів.

Ця особливість вимагає або технічних або операційних змін. Якщо судновласники не хочуть радикально змінювати конструкцію судна, а саме – збільшувати паливні баки, то для забезпечення судноплавства на альтернативних LSFO паливах, особливо на низьковуглецевих, типу водню або аміаку, потрібно будівництво додаткової заправної інфраструктури на маршрутах суден.

При цьому переваги низьковуглецевого палива при їх використанні судами очевидні. Так, використання аміаку дозволять знизити викиди майже на 95% порівняно з LSFO (невеликий внесок у викиди CO₂ пов'язаний із системою упорскування олії), а водню – на 100%; серед вуглеводневих палив СПГ демонструє найкращі результати та дозволяє знизити емісію CO₂ від бака до коліс на 75%. Якщо не вживаються дії щодо декарбонізації виробництва альтернативних LSFO палив, то СПГ є найбільш прийнятним паливом. Інші сірі палива значно перевищують викиди CO₂ як від СПГ, і від LSFO. При використанні блакитного палива, найкращою альтернативою з точки зору викидів CO₂ є блакитний водень, викиди від його використання майже в 3,8 рази нижчі, ніж при використанні LSFO. За ним слідує аміак, викиди від його використання нижче в 2 рази. Викиди від блакитного метанолу у 1,3 рази нижчі. У разі використання зеленого палива, LSFO програє всім альтернативам у вигляді аміаку, метанолу та водню.

Разом з тим, економіка цієї проблеми значно обмежує розвиток альтернативних палив. Так, за даними Det Norske Veritas (DNV), вартість СПГ знаходиться в діапазоні від 50 до 190 дол./МВт. Вартість сірого водню становитиме від 70 до 450 дол./МВт, зеленого (найдорожче паливо на даний момент) – від 120 до 600 дол./МВт., а вартість аміаку коливатиметься в діапазоні від 70 до 250 дол./МВт для сірого та від 150 до 380 дол./МВт – для зеленого. Для порівняння: вартість для нафтозаснованого палива ЗВГ та LSFO знаходиться в діапазоні від 30 до 100 дол./МВт. Вартість будівництва бункерувальної інфраструктури для мазуту також дешевша, ніж для більшості альтернативних палив.

Суднові компанії роблять кроки з вивчення різних видів безвуглецевого пального. Так, компанія Maersk, найбільший у світі споживач бункерного палива за підсумками 2020 р.,

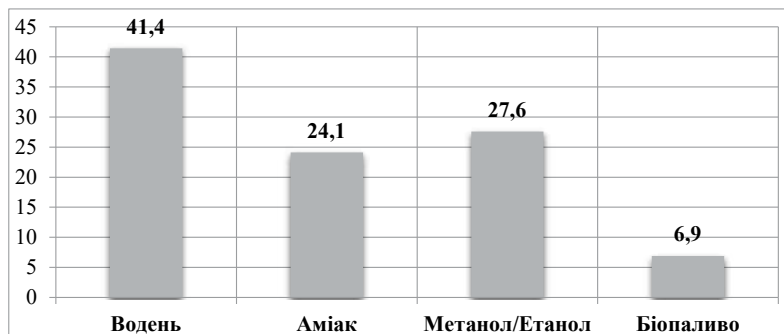


Рис. 2. Частка проектів, що охоплюють виробництво альтернативних видів палива для судноплавства, %

нещодавно замовила дев'ять контейнеровозів, які у майбутньому можуть працювати на зеленому метанолі. Проте, за підрахунками Maersk, для забезпечення цих дев'яти суден паливом потрібно 350 тис. т/рік зеленого метанолу. Для порівняння, світове виробництво зеленого метанолу в даний час становитиме лише 30 тис. т [3, 4].

Напрями інвестицій для декарбонізації судноплавства. Вже зараз реалізуються численні проекти, які рухають галузь вперед до майбутнього з нульовими викидами. Найбільш представлений регіональний напрямок розробки проектів – північноєвропейський. Найбільш представленими азіатськими країнами з проектами є Японія, Південна Корея та Китай.

Японська транспортна компанія Kawasaki Kisen Kaisha (K-Line) зробила новий крок щодо впровадження енергії вітру у вантажному судноплаванні. Вітряні двигуни є надійним, життєздатним і все більш привабливим рішенням, особливо в умовах, коли ціни на паливо зростають, а дорожчі альтернативні види палива стануть комерційно доступними протягом наступного десятиліття.

На зустрічі цільової групи ІМО під назвою Глобальний промисловий альянс (GIA) з підтримки низьковуглецевого судноплавства було прийнято рішення про розширення сфери дії цієї ініціативи – від скорочення викидів CO₂ та пошуку та досліджень альтернативних видів палива до впровадження інтерфейсу судно-порт. Новий робочий процес, що впроваджується GIA, допоможе портам знизити викиди парникових газів із суден за допомогою низки заходів, таких як безпечне та ефективно бункерування альтернативних низьковуглецевих видів палива та ін. Нові ініціативи стануть продовженням вже виконуваних робіт GIA щодо контролю своєчасного прибуття вантажних суден у порт. Контейнеровози прибувають у порт призначення, коли порт готовий їх прийняти, таким чином, скорочується час очікування суден поза порту і цим знижується рівень енерговитрат і шкідливих викидів суден у зоні порту.

В рамках іншої ініціативи боротьби зі зміною клімату шість данських компаній – Copenhagen Airports, A.P. Moller-Maersk, DSV Panalpina, DFDS,

SAS та Orsted створили партнерство для запуску підприємства з виробництва екологічно чистого палива для автомобільного, морського та повітряного транспорту в Копенгагені. У 2023 р. планується запустити новий завод з виробництва водневого палива та біопалива. Коли завод вийде на повну потужність у 2030 р., він зможе постачати понад 250 тис. т екологічно чистого палива для автобусів, вантажного транспорту, морських суден та літаків щороку, що дозволить скоротити щорічні викиди CO₂ на 850 тис. т.

Представники морського, енергетичного, інфраструктурного та фінансового секторів у 2019 р. сформували нову коаліцію Getting to Zero, метою якої є створити до 2030 р. судно з нульовим викидом вуглецю.

Для досягнення мети скорочення викидів удвічі до 2050 р. судна з нульовими викидами потрібно ввести до складу світового флоту до 2030 р. Члени групи мають намір до 2040 р. використовувати для перевезення своїх товарів виключно судна, що працюють на безвуглецевих видах палива.

Так само інфраструктура, пов'язана з ланцюжками постачання палива, може мати тривалий економічний термін служби до 50 років, а переналадування на нові види палива може бути тривалим процесом.

Як наслідок, до 2030 р. необхідно мати технічно здійсненні, комерційно життєздатні та безпечні судна з нульовим рівнем викидів, а також чіткий шлях для забезпечення великої кількості джерел енергії з нульовим викидом вуглецю, необхідних для дозволу швидко освоїти ZEV (судна з нульовим рівнем викидів) у наступні десятиліття.

Декарбонізація судноплавства допоможе стимулювати інвестиції у великомасштабні енергетичні проекти і в порти країн, що мають доступ до відновлюваних джерел енергії, які можуть бути перетворені на паливо з нульовим викидом CO₂,

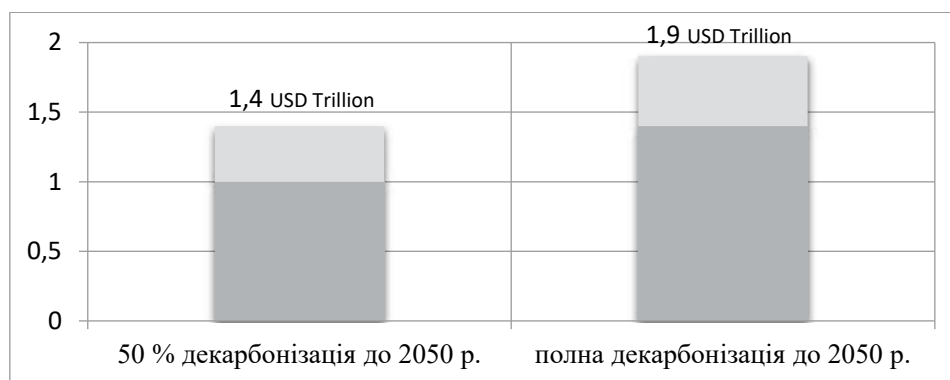


Рис. 3. Загальний обсяг інвестицій, необхідних для досягнення цілей декарбонізації ІМО до 2050 р.

в енергетику морських перевезень, а також до інших сфер.

У дослідженні, виконаному коаліції Getting to Zero, зазначається, що найбільша частка необхідних інвестицій (близько 87%) має припадати на наземну інфраструктуру та виробництво низьковуглецевого палива. Лише 13% необхідних інвестицій пов'язані із модернізацією суден (рис. 3).

Для повної декарбонізації судноплавства до 2050 р. будуть потрібні додаткові інвестиції у розмірі близько 400 млрд. доларів США протягом 20 років, внаслідок чого загальна сума становитиме 1,4–1,9 трільйона доларів США [3].

Ініціативи щодо перетворення морських портів на «розумні» та «зелені». Морські порти вважаються одним з основних двигунів світової економіки та є ключовим елементом транспортної, судноплавної, туристичної та рибальської галузей. Однак зростання активності в морських портах вплинули на навколишнє середовище, включаючи високі викиди вуглецю, шум в результаті діяльності в морських портах, високе споживання енергії і серйозний вплив на здоров'я населення прибережних міст поблизу морських портів.

Через завантаженість суден комерційною діяльністю та операцій з підйому та розвантаження контейнерів, а також місцевої присутності рибних підприємств морські порти та навколишні міста стали вуглецевими і зазнали значних рівнів забруднення. Найбільш забрудненими містами світу є всі прибережні міста. Це посилюється тим, що 70% викидів із суден у всьому світі відбувається в межах 400 км. від прибережних районів. Виробнича діяльність у морських портах становить близько 3% від загального обсягу викидів вуглецю у всьому світі.

Багато морських портів стикаються зі зростаючим тиском зменшення свого вуглецевого сліду при одночасному підвищенні енергоефективності і глобальної конкурентоспроможності. Така ситуація спонукала низку ініціатив щодо декарбонізації

їх енергетичних систем та перетворення морських портів на «розумні» та «зелені».

На думку фахівців, на навколишнє середовище прямо і опосередковано впливають три основні фактори: споживання викопного палива, високе енергоспоживання енергосистем та відсутність професійного управління ресурсами у морських портах.

Ключовими факторами, що сприяють декарбонізації морських портів, є використання поновлюваних ресурсів, оптимізація витрат, впровадження інтелектуальних технологій, встановлення правил та положень щодо екологізації морських портів.

Існуючі дослідження у цьому напрямі використовують останні досягнення в галузі цифрових технологій і зосереджені на одній або кількох з тем зазначених на рис.4.

Подальші дослідження, на думку фахівців, торкнуться підходу до управління енергоспоживанням морських портів на основі всього життєвого циклу, семантичне моделювання, прогнозування та оптимізація енергетичних систем морських портів, безпечні та надійні енергетичні послуги морських портів, а також перехід до енергетичних спільнот морських портів, орієнтованих на споживачів.

Важливу роль відіграють оптимальні інвестиції у сучасні технології, що скорочують викиди вуглецю, такі як системи відновлюваної енергії, інтелектуальні пристрої обліку та інші сучасні технології. Повинні бути передбачені стимули та ініціативи, щоб переконати інвесторів у доцільності інвестування у сучасні морські порти [8].

Висновки. Морський транспорт стикається з посилення вимог декарбонізації і роботи на більш стійкій основі. У судноплаванні очікуються зміни паливного балансу, використання нових технологій та конструкцій суден, альтернативні види палива та нові методи роботи для скорочення викидів вуглецю та екологічного сліду. Судноплавство є не лише великим споживачем енергоносіїв, а також їх великим перевізником, тому галузі доведеться

Напрями глобальних зусиль з декарбонізації морських портів					
1	2	3	4	5	6
Скорочення викидів вуглецю	Використання відновлюваних джерел енергії	Оптимізація витрат	Впровадження інтелектуальних технологій управління	Регуляторний ландшафт для озеленення морських портів	Керівні принципи передової практики для «розумних» зелених морських портів

Рис. 4. Напрями глобальних зусиль з декарбонізації морських портів

реагувати на зниження затребуваності нафтових танкерів та суден-вугільників та збільшення попиту на судна, що перевозять водень, аміак та інші альтернативні види палива [10].

Велика кількість досліджень та конкретних дій вже спрямовані на розвиток існуючих технологій

та концепцій, які сприяють декарбонізації морських портів.

Україні необхідно рішуче сприяти розвитку вантажного транспорту з нульовими викидами та брати активну участь у світових заходах у цьому напрямку.

Список літератури:

1. Remarks to the Second Global Sustainable Transport Conference. UN Headquarters, 14 October 2021. URL: <http://www.un.org/sg/en/node/260099> (дата звернення 17.07.22).
2. Всесвітній банк. URL: <https://www.worldbank.org/uk/country/ukraine> (дата звернення 17.07.22).
3. Global Maritime Forum. Getting to Zero Coalition. URL: <https://www.globalmaritimeforum.org/getting-to-zero-coalition> (дата звернення 18.07.22).
4. Comparison of Alternative Marine Fuels. Report DNV GL 2019. URL: https://sea-lng.org/wp-content/uploads/2020/04/Alternative-Marine-Fuels-Study_final_report_25.09.19.pdf (дата звернення 20.07.22).
5. Солопун Н.М. «Зелені» інвестиції як приклад соціально-перетворювального впливу у функціонуванні автомобільного транспорту. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва*. 2019. №23. С. 201-209.
6. Агеєва Г. М. Декарбонізація діяльності аеропортів. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2019. Вип. 1. С.16-32.
7. Кириллова О.В., Кириллова В.Ю. Декарбонізація морської галузі: глобальні ініціативи і локальні дії. Матеріали III Міжнародної науково-практичної морської конференції кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету МРР&О-2021. Квітень 2021. Одеса, Україна. С.522-524.
8. A. Alzahrani, Ioan Petri, Ya.Rezgui A. Ghoroghi. Decarbonisation of seaports: A review and directions for future research. *Energy Strategy Reviews*. 2021. Vol. 38 (100727). Pp. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100727>
9. IHS Markit. URL: <https://ihsmarkit.com> (дата звернення 18.08.22).
10. Review of Maritime Transport 2021 – UNCTAD. Geneva. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/osg2020d1_en.pdf. (дата звернення 20.08.22).

Reshetkov D.M., Pavlova N.L. GLOBAL INITIATIVES FOR DECARBONIZATION OF MARITIME TRANSPORT

Transport is of fundamental importance for the implementation of the Paris Agreement and the Sustainable Development Agenda for the period until 2030. According to the World Bank, the transport sector in Ukraine accounts for 40% of air pollutants. Air pollution exceeds national air quality standards in the most populated and industrialized cities of Ukraine. Along with this, transport accounts for more than a quarter of global greenhouse gas emissions. According to the Cadastre of Greenhouse Gas Emissions of Ukraine, 12% of greenhouse gas emissions in the country are carried out by transport. In particular, maritime transport emits about 940 million tons of carbon dioxide per year – about 2.5% of the annual global volume of greenhouse gas emissions and, according to industry estimates, these emissions will continue to rise unless action is taken. The same negative trend is observed in the entire economic sector. Increasing seaport activity has had environmental impacts, including high carbon emissions, noise from seaport activities, high energy consumption, and serious health impacts in coastal cities near seaports. Due to the busyness of ships with commercial activities and container lifting and unloading operations, as well as the local presence of fishing enterprises, seaports and surrounding cities have become carbon intensive and have experienced significant levels of pollution. In this regard, the entire maritime transport sector and its sub-sectors should show more initiative in order to get closer to world achievements in this field. In this article the main tasks for reducing greenhouse gas emissions by shipping companies are analyzed. Problems of development of alternative fuels for ships are noted. The directions of investments in large-scale energy projects and in the ports of the countries for decarbonization of shipping are described. The need for Ukraine to join the initiatives in this area is indicated.

Key words: maritime transport, decarbonization of transport, alternative fuels, zero-emission vessels, maritime energy.