

УДК 656:504

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/41>**Урум Н.С.**

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Трофименко І.В.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Рященко О.І.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Іваненко В.В.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРИЧИН НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ НА ЕКОЛОГІЮ І СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У статті розглянуто питання визначення та класифікації основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища для подальшого зменшення або виключення цього впливу. Проведено опис класів і підкласів основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища, що є основою для подальшого формування управлінських рішень з підвищення ефективності екологічного впливу водних перевезень. При цьому зазначається, що найбільша причина впливу водного транспорту на навколишнє середовище – аварії. На судні може протікати власне паливо або інші важливі речовини або з резервуарів корабля можуть витікати небезпечні хімічні речовини, такі як сира нафта. З іншого боку, велика частина впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з водним транспортом, може бути зменшена за рахунок зниження інших транспортних витрат. Усунення непотрібних поїздок, збільшення розміру транспортних партій і зниження крейсерської швидкості можуть зменшити витрату палива та, як наслідок, забруднення навколишнього середовища. Також для зменшення кількості смертельних ударів суден можуть бути встановлені обмеження швидкості суден залежно від часу й району, зміни судноплавних шляхів за часом і районом, а також зони обов'язкового суднового повідомлення.

Проведено опис класів і підкласів основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища, що є основою для подальшого формування управлінських рішень з підвищення ефективності екологічного впливу водних перевезень.

Таким чином, нині актуальним є завдання дослідження основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища.

Результатом роботи є систематизація визначеної проблеми та класифікація основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища. Проведено опис класів і підкласів основних причин негативного впливу, що є основою для подальшого формування управлінських рішень з підвищення ефективності екологічного впливу водних перевезень.

Ключові слова: водний транспорт, судно, негативний вплив, екологія, навколишнє середовище, клас, підклас.

Постановка проблеми. Екологія (від древнього грецького οἶκος – житло, місце перебування і λόγος – учення) – це наука про взаємодію живих організмів між собою та з їх середовищем проживання. Це біологічна наука, що вивчає організацію та функціонування біосистем різних рівнів (популяції, спільноти, екосистеми тощо). Навколишнє середовище – узагальнене поняття, що характеризує природні умови деякої місцевості та її екологічний стан. Навколишнє середовище зазвичай розгляда-

ється як частина середовища, яка взаємодіє із цим живим організмом (людиною, твариною тощо), включаючи об'єкти живої й неживої природи.

Стрімкий розвиток технічного прогресу, прагнення підпорядкувати природу – усе це висунуло на перший план питання збереження екології та охорони навколишнього середовища. Водний транспорт традиційно вважався екологічно чистим і, таким чином, унікав строгих екологічних норм наземного транспорту. Однак у 2010-х рр. у

всьому світі введено багато нових заходів екологічного контролю за негативним впливом водного транспорту. Найбільша причина впливу водного транспорту на навколишнє середовище – аварії. На судні може протікати власне паливо або інші важливі речовини або з резервуарів корабля можуть витікати небезпечні хімічні речовини, такі як сира нафта. З іншого боку, велика частина впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з водним транспортом, може бути зменшена за рахунок зниження інших транспортних витрат. Усунення непотрібних поїздок, збільшення розміру транспортних партій і зниження крейсерської швидкості можуть знизити витрату палива та, як наслідок, забруднення навколишнього середовища тощо.

Отже, нині актуальним є завдання дослідження основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботи [1–7] присвячені дослідженням окремих питань впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища, у тому числі й негативного. Окремо необхідно виділити спеціалізовані міжнародні нормативні джерела щодо упорядкування питань впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища [8–12].

Постановка завдання. Завданням статті є визначення та класифікація основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища для подальшого зменшення або виключення цього впливу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Історично склалося так, що судноплавні компанії і порти працювали з обмеженим наглядом за навколишнім середовищем. Але розливи нафти в кінці 1960-х – на початку 1970-х рр. викликали широкомасштабне забруднення прибережних районів і смертність морських птахів, привівши тим самим у дію Міжнародну конвенцію щодо запобігання забрудненню з суден (далі – MARPOL). MARPOL – це основна міжнародна конвенція щодо запобігання забрудненню морського середовища суднами за експлуатаційними або випадковими причинами.

Крім того, Міжнародна морська організація (далі – ІМО) також використовує різні інструменти для захисту морського середовища від судноплавства [8–12]. Проте водний транспорт, як і раніше, чинить негативний вплив на морське середовище, що, у свою чергу, визначає необхідність визначення та класифікації основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища для подальшого зменшення або виключення цього впливу.

Формально класи основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища *RNI* (reasons for negative impact) представимо у вигляді множини кортежів, де кожний кортеж є парою виду:

$$RNI = \{C_i(SC_j), D_i(SD_j)\}, \quad (1)$$

де $C_i(SC_j)$ – тип класу (підкласу) причини негативного впливу;

$D_i(SD_j)$ – опис класу (підкласу) причини негативного впливу;

$i \in [1..n]$, n – кількість класів;

$j \in [1..m]$, m – кількість підкласів.

Узагальнена структура класів (підкласів) основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища *RNI* наведена на рис. 1.

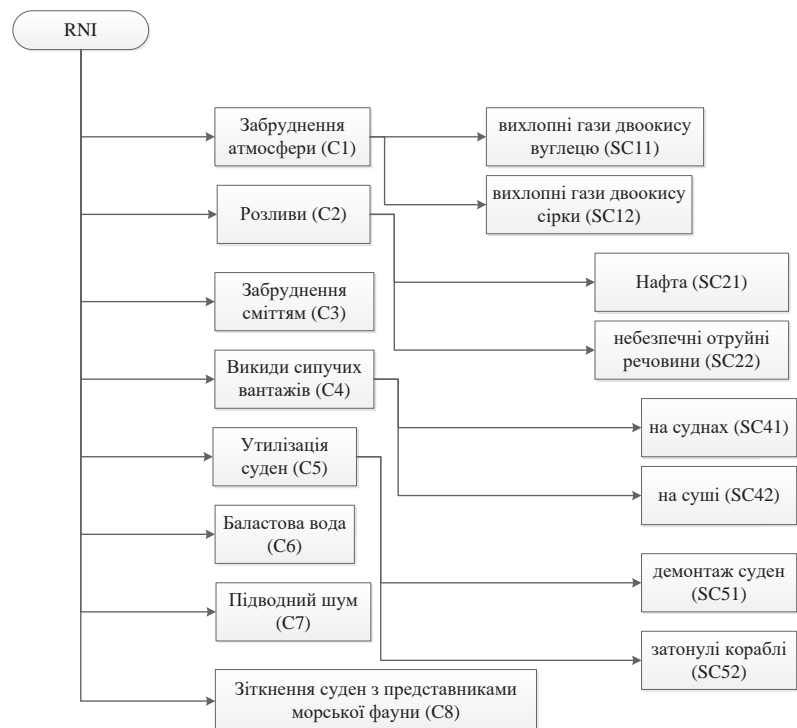


Рис. 1. Узагальнена структура класів (підкласів) основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища

Забруднення атмосфери C_1 водним судноплавством впливає на навколишнє середовище і здоров'я людини. На водний транспорт припадає 33% всіх пов'язаних із торгівлею викидів від спалювання палива, включаючи 3,3% глобального двоокису вуглецю (CO_2) SC_{11} , а також викиди діоксиду сірки (SO_2) SC_{12} . Викиди залежать від типу палива, двигуна та його ефективності. Незважаючи на те що викиди водного судноплавства важко піддаються кількісній оцінці, за останні 50 років вони збільшилися. Різні гази і звичайні забруднювачі сприяють парниковому ефекту й в основному утворюються при спалюванні палива. Приблизно 70% викидів традиційних забруднювачів і парникових газів відбувається на відстані менше 400 км від суші.

Звичайні забруднювачі повітря включають оксиди сірки (SO_x), оксиди азоту (NO_x), тверді частинки діаметром < 10 мкм (PM10, PM2,5), органічні сполуки (VOC_s), оксид вуглецю (CO). Сьогодні на водний транспорт припадає 10–15% світових антропогенних викидів SO_x і NO_x . Наприклад, бункерне паливо містить 27 000 ppm сірки порівняно з 10–15 ppm у транспортних засобах. Високі рівні SO_x і NO_x викликають проблеми з диханням, підвищують кислотність водойм, а в поєднанні з іншими атмосферними хімічними речовинами утворюють PM10, PM2,5. Зокрема, глобальні викиди PM2,5 від судноплавства пов'язані з тисячами випадків раку легенів і серцево-легеневих захворювань. У цілому викиди парникових газів, включаючи CO_2 , метан (CH_4) та окис азоту (N_2O), від водного транспорту вносять значний вклад у глобальне антропогенне забруднення повітря. Так, наприклад, у 2012 р. загальні викиди CO_2 від судноплавства становили в еквіваленті 961 млн тонн порівняно з 816 млн тонн у 2007 р. При цьому необхідно зазначити, що великі судна, наприклад, нафтові танкери й контейнеровози, несуть відповідальність за більшість парникових газів, вироблених судноплавством (рис. 2). При цьому більш швидкі судна викидають менше CO_2 , ніж повільніші.

Існують три основні категорії морських вантажів: рідкі вантажі (наприклад, нафтопродукти), небезпечні отруйні речовини (НОР) і сипучі вантажі (наприклад, вугілля, залізна руда).

Розливи нафти SC_{21} (включаючи бензин, дизельне паливо, бункерне паливо й неочищену сиру нафту) залишаються одними з найвідоміших і завдають шкоди навколишньому середовищу в усьому світі. Хоча на транспортування нафти припадає тільки 12% усіх розливів нафти у світі, близько двох третин із них припадає на морські

судна. Після розвантаження фізичні й хімічні властивості нафти піддаються вивітрюванню, розчиненню, окисленню та випаровуванню, що призводить до різних впливів на навколишнє середовище. Хвильовий вплив сприяє проникненню нафти в товщу води, тоді як спокійні умови дають змогу нафтовим плямам поширюватися по поверхневих водах і береговій лінії. Нафтові плями становлять найбільшу загрозу для морських птахів і ссавців.

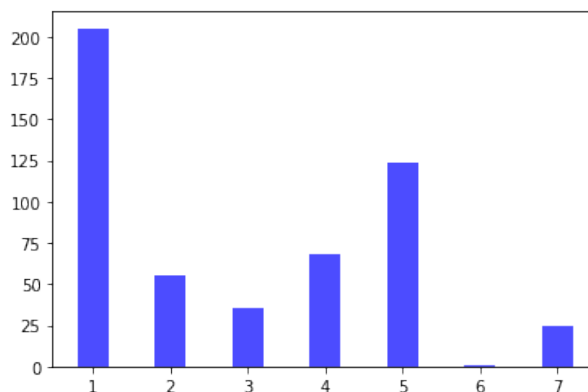


Рис. 2. Приклад викидів CO_2 від різних джерел морського транспорту (1 – контейнер, 2 – судно для перевезення хімічних речовин, 3 – круїзне судно, 4 – судно зі збірним вантажем, 5 – нафтовий танкер, 6 – паром, 7 – транспортний засіб)

Із 37 мільйонів хімічних речовин, які використовуються у світі, 2 000 регулярно перевозяться морем. Приблизно 10–15% морських вантажів вважаються небезпечними, за останні 20 років їх обсяги потроїлися. Однак визначення того, що становить НОР SC_{22} , залежить від розглянутого міжнародного протоколу або керівництва. Морські аварії можуть призвести до хімічних пожеж, вибухів або викидів токсичних речовин, викликаючи серйозне погіршення морського середовища. Вплив розливів НОР на морське середовище залежить від кількості й характеру розлитої хімічної речовини та місця розливу.

П'ять основних сипучих товарів (залізна руда, вугілля, зерно, боксити і фосфорити) становлять до 57% від загального обсягу всіх глобальних перевозяться сипучих товарів. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (СОЛАС) включає обов'язковий Міжнародний кодекс морських вантажів (Кодекс IMSBC), який надає інформацію про безпеку, пов'язані з перевезенням сипучих вантажів, за винятком зернових. Викиди сипучих матеріалів C_4 у морське середовище відбуваються в результаті аварійних викидів (наприклад, затоплення судна) й експлуа-

таційних викидів (наприклад, скидання залишків вантажу після миття вантажних трюмів) SC_{41} або в портах SC_{42} .

Океани в усьому світі піддаються деградації навколишнього середовища через забруднення сміттям із суден C_3 . ІМО використовує різні інструменти для управління й видалення відходів, що утворюються на борту суден у морі. Наприклад, круїзні лайнери, що перевозять до 3 000 пасажирів, виробляють близько 70 т твердих відходів за тиждень. Суднові відходи включають скляні, металеві та пластикові контейнери, органічні відходи, відходи картонної й паперової упаковки, стічні води та небезпечні відходи (наприклад, батареї, отруйні рідини, відходи фарб, фармацевтичні препарати). Вторинні матеріали часто поділяються та зберігаються для утилізації в порту або обробляються на борту (наприклад, дроблення скла). Органічні тверді відходи (наприклад, папір, картон, харчові відходи) спалюються в морі, а зола, що утворилася, може скидатися в океан, коли це дозволено, або зберігатися для утилізації на березі. Таким чином, належна установка й експлуатація споруд із прийому відходів, що утворюються з суден, відіграють важливу роль у захисті морського середовища.

Великі обсяги відходів, що утворюються на судах, створюють величезне навантаження на морське середовище. Відсутність належних споруд для прийому суднових відходів є серйозною проблемою для портів і судновласників. Відповідні плани управління відходами життєво важливі для зниження впливу суднових відходів на навколишнє середовище. При експлуатації портів споруд також утворюються стічні води, тверді відходи, розливи нафти й виток шкідливих матеріалів. Обробка й управління відходами, що утворюються в портах, зазвичай регулюються національним або місцевим законодавством.

Демонтаж суден SC_{51} – це метод утилізації суден, при якому судно поділяють компоненти, що підлягають утилізації. Хоча демонтаж суден є екологічно вигідним з точки зору поводження з відходами, цей процес може негативно вплинути як на навколишнє середовище, так і на здоров'я людини через викид мастильних матеріалів або небезпечних хімікатів, що використовуються в суднобудуванні. Основні джерела забруднення, що виникають у результаті робіт з демонтажу суден, включають пари, шум і вібрацію від зварювання й різання, легкозаймисті або вибухонебезпечні речовини, металеві фрагменти й інші тверді відходи. Тоді як випадкові аварії SC_{51} судна тягнуть за

собою непередбачені екологічні наслідки, штучні рифи створюються цілеспрямовано шляхом затоплення старих суден з урахуванням місцевих економічних переваг. Штучні рифи покращують середовище проживання риб, посилюють захист берегової ерозії та дають можливості для морських досліджень. Створення штучних рифів може збільшити місцеву неоднорідність і біорізноманіття за рахунок додавання нових структур довкілля, але для максимізації екологічних переваг усі судна повинні бути належним чином розібрані, а небезпечні матеріали належним чином утилізовані.

У міру того як морські перевезення продовжують рости, щорічно суднами переміщається близько 3–5 млрд тонн баластної води. Це збільшує ризики інтродукції водних інвазивних видів після скидання неочищеного водяного баласту із суден C_6 , що є серйозною загрозою для глобального біорізноманіття.

Океани є гучним середовищем через природність навколишнього підводного шуму хвиль, звуків морських видів. Але рівні навколишнього шуму підводного океану збільшилися приблизно на 15 дБ за останні 50 років через збільшення кількості морських перевезень, видобутку ресурсів, рибальства, рекреаційної діяльності й інших антропогенних джерел. Штучний шум відрізняється від навколишнього підводного шуму в напрямі, частоті і тривалості. Підводний шум C_7 стає все більш важливим через характер поширення звуку, який у воді поширюється приблизно в п'ять разів швидше, ніж у повітрі, і широкого спектра шкідливих впливів на морські види. До недавнього часу основна увага приділялася морським ссавцям, але тепер визнано, що підводний шум може значно вплинути на рибу та інші морські організми. Підводне шумове забруднення може суттєво вплинути на морське життя навіть на великих відстанях.

Важливим фактором при транспортуванні водним транспортом є можливість зіткнення з морськими тваринами C_8 . Кити – представники морської фауни, що найбільш часто вражаються; проте, наприклад, черепахи, ламантини також схильні до цього ризику. Для зменшення кількості смертельних ударів суден можуть бути встановлені обмеження швидкості суден залежно від часу й району, зміни судноплавних шляхів за часом і районом, а також зони обов'язкового суднового повідомлення. Крім того, повинні бути зроблені кроки щодо інформування водних підприємств про уразливість китів для зіткнень з кораблями й із надання морякам актуальної інформації про місцезнаходження китів.

Висновки. Отже, на основі викладеного вище можемо резюмувати таке:

1. Систематизовано проблему та здійснено класифікацію основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища для подальшого зменшення або виключення цього впливу.

2. Проведено опис класів і підкласів основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища, що є основою для подальшого формування управлінських рішень з підвищення ефективності екологічного впливу водних перевезень.

Список літератури:

1. Asariotis R., Beamara H., Hoffmann J., Premti A., Valentine V., Youssef F., 2016. Review of Maritime Transport 2016. URL: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2016_en.pdf.
2. Bailey S.A., Chan F.T., MacIsaac H.J. Relative importance of vessel hull fouling and ballast water as transport vectors of nonindigenous speciesto the Canadian arctic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2015. № 72 (8). P. 1230–1242.
3. Butt N. The impact of cruise ship generated waste on home ports and ports of call: A study of Southampton. *Marine Policy*. 2007. № 31 (5). P. 591–598.
4. Choi J.K., Kelley D., Murphy S., Thangamani D. Economic and environmental perspectives of end-of-life ship management. *Resources, Conservation and Recycling*. 2016. № 107. P. 82–91.
5. Code of Federal Regulations (CFR), 2014. Operation requirements: Discharge of garbage in the Greater Lakes and other navigable waters. 33 CFR151.66. URL: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/33/151.66>.
6. Davidson I.C., Simkanin C. The biology of ballast water 25 years later. *Biological Invasions*. 2012. № 14 (1). P. 9–13.
7. Iliyay F., Mohan K. Onshore preparedness for hazardous chemical marine vessels accidents: A case study. *Journal of Disaster Risk Studies*. 2016. № 8 (1). P. 1–7.
8. IMO, 2014. In: Guidelines for the reduction of underwater noise from commercial shipping to address adverse impacts on marine life. 21st ASCOBANS Advisory Meeting, MEPC.1/Circ.833. URL: http://www.ascobans.org/sites/default/files/document/AC21_Inf_3.2.1_IMO_NoiseGuidelines.pdf.
9. IMO (2015a). International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). URL: <http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-%28MARPOL%29.aspx>.
10. IMO (2017a). Introduction to IMO. Retrieved from: <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>.
11. IMO (2017b). Prevention of air pollution from ships. Retrieved from: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx>.
12. IMO (2017b). Prevention of air pollution from ships. Retrieved from: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx>.

Urum N.S., Trofymenko I.V., Riashchenko O.I., Ivanenko V.V. CLASSIFICATION OF THE MAIN CAUSES OF NEGATIVE IMPACT OF WATER TRANSPORT ON ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL STATE

The article considers the issues of determining and classifying the main causes of the negative impact of water transport on the ecology and the state of the environment to further reduce or eliminate this impact. The description of classes and subclasses of the main reasons of negative influence of water transport on ecology and a condition of environment which is a basis for the further formation of administrative decisions on increase of efficiency of ecological influence of water transportations is carried out. It is noted that the biggest cause of the impact of water transport on the environment – accidents. The ship may leak its own fuel or other important substances, or hazardous chemicals such as crude oil may leak from the ship's tanks. On the other hand, much of the environmental impact associated with water transport can be reduced by reducing other transport costs. Eliminating unnecessary travel, increasing the size of shipments and reducing cruising speed can reduce fuel consumption and, consequently, environmental pollution. Also, in order to reduce the number of fatal collisions of vessels, speed limits of vessels may be established depending on the time and area, changes in waterways by time and area, as well as areas of mandatory ship reporting.

The article describes the classes and subclasses of the main causes of the negative impact of water transport on the environment and the state of the environment, which is the basis for further formation of management decisions to improve the environmental impact of water transport.

Thus, at present the task of studying the main causes of the negative impact of water transport on the ecology and the state of the environment is relevant.

The result of the work is the systematization of the identified problem and the classification of the main causes of the negative impact of water transport on the ecology and the state of the environment. A description of classes and subclasses of the main causes of negative impact, which is the basis for further formation of management decisions to improve the environmental impact of water transport.

Key words: water transport, ship, negative impact, ecology, environment, class, subclass.