



KAPITEL 5 / CHAPTER 5⁵
**APPLICATION OF BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS AND
MINIMIZATION OF HARMFUL IMPACTS ON THE MARINE
ECOSYSTEM**

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-16-01-019

Вступ

На протязі 2022 року за даними ЮНКТАД, на морський транспорт припадає близько 81,4% міжнародної торгівлі. Одним з основних екологічних ризиків морського транспорту є забруднення морського середовища баластними водами, особливо у зв'язку зі зростанням обсягів морських перевезень. Існуючі методи очищення баластних вод є недостатніми, для того, щоб відповідати суворим критеріям Міжнародної конвенції про контроль судноплавних баластних вод і осадів. Вплив інвазивних морських видів найчастіше є незворотнім, що в свою чергу робить вивчення даної теми нагальною з певним ступенем актуальності та колом невирешених питань. Необхідно розробити науково обґрунтовану стратегію щодо забруднення баластних вод, яка повинна включати унітарний моніторинг, що є масштабним і складним проектом.

Основна частина

З моменту введення в дію правил Міжнародної Морської Організації (ММО) 2004 року більшість суден були обладнані системою очищення баластних вод. Баластні води, поглинуті в одній екологічній зоні і випущені в іншу, можуть занести водні інвазивні види і чужорідні організми. Хоча метод очистки баластних вод у доках чи на судні є ефективними у вирішенні проблеми інвазивних видів, занепокоєння викликає потенційний викид побічних продуктів дезінфекції (ППД) в результаті хімічної обробки. Існуючі методи очищення баластних вод є недостатніми, і для того, щоб відповідати суворим критеріям Міжнародної конвенції про контроль судноплавних баластних вод і осадів та управління ними, необхідно комбінувати декілька методів. Ця монографія має на меті узагальнити історію управління баластними водами (УБВ) та сучасні технології, що використовуються.

Не існує єдиного підходу до найкращого методу обробки баластних вод. Метод очищення баластних вод, застосований до одного типу судна, не обов'язково є оптимальним для іншого типу судна. Не існує методу, який може повністю запобігти транспортуванню інвазивних видів живих організмів через баластну воду.

⁵*Authors: Varlan Tetiana Evgeniyvna*



Рисунок 1 - Берегові системи очищення баластних вод

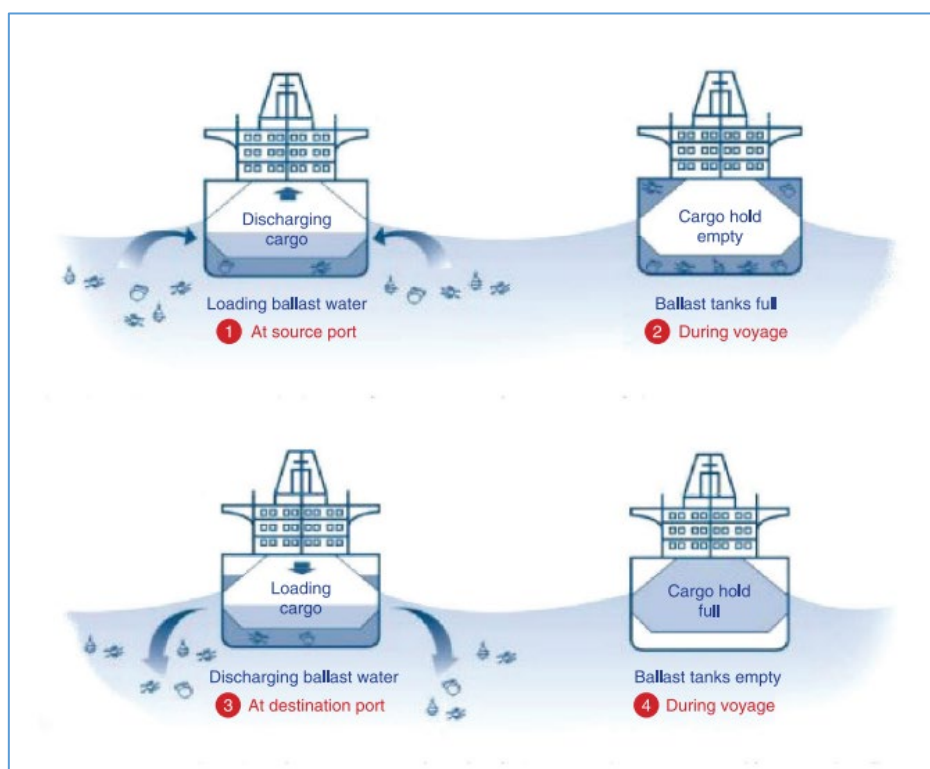


Рисунок 2 - Поперечний переріз судна, що показує баластні танки і цикл баластної води [15]

5.1. Вплив баластних вод на морське середовище

Шкідливі інвазивні види живих та патогенних організмів означає водні або патогенні організми, які, будучи внесені в морське середовище, включно з естуаріями, або в прісноводні водотоки, можуть створювати небезпеку для



здоров'я людини, майна або ресурсів, довкілля, погіршувати біологічне різноманіття або перешкоджати іншим правомірним видам використання таких районів. Коли судно приймає баластну воду, воно також приймає і речовини, що містяться у воді. Каламутна або мілка вода часто містить тверді речовини. Коли вони потрапляють у баластний танк, то поступово осідають на дно як "опади" і є основою для розвитку різних морських організмів, особливо динофлагеллятів. Баластна вода розглядається, як один з основних векторів перенесення потенційно інвазійних чужорідних видів, відповідальних за перенесення від 7 до 10 тисяч різних видів морських мікробів, рослин і тварин у всьому світі кожен день. Інвазійні чужорідні види на цей час загально визнані як одна з найбільших загроз глобальному біорізноманіттю. Вони є серйозною перешкодою в розвитку морської галузі.

У 1992 році Конференція ООН з навколишнього середовища визнала цю проблему як серйозну міжнародну проблему і ММО в 1997 році видала Резолюцію двох своїх комітетів: Комітету з Безпеки на морі та Комітету із Захисту Морського Середовища - "Керівництво з аспектів безпеки, що стосуються заміни водного баласту в морі"[5].

Конвенція про біологічне різноманіття (КБР) (1992 р.), наприклад, пропонує комплексну основу для заходів із захисту всіх компонентів біорізноманіття від інвазійних чужорідних видів. Більш того, в 1995 році, Сторони Конвенції КБР схвалили "Джакартський мандат з морського і прибережного біологічного різноманіття" [3], до якого чужорідні види були включені в якості проблемної теми. Мета роботи програми відповідно до Джакартського мандату полягає в: "запобіганні впровадженню чужорідних інвазійних видів у морське і прибережне середовище.

В Оцінці екосистем тисячоліття (2005) зазначено, що протягом минулого століття вплив інвазивних чужорідних видів був особливо високим на островах, крім того прогнозується, що протягом найближчих десятиліть інтенсивність впливу інвазивних чужорідних видів зросте, особливо у внутрішніх водах і прибережних районах. Інвазійні чужорідні види (ІЧВ) наразі розглядаються як одна з основних причин втрати біорізноманіття та змін у функціонуванні екосистем, так само як і в постачанні продовольства та супутніх сферах.

Програма Глобалласт Партнерство була впроваджена в 5 пріоритетних суб-регіонах: Карибському, Середземноморському, Червоному морі та Аденській затоці, південному сході Тихого океану та західному узбережжі Африки, за допомогою 13 Провідних країн-партнерів, а загалом у програмі беруть участь понад 70 країн-партнерів [5] .



Поширення ІЧВ є глобальним феноменом, а спектр їхнього впливу коливається від місцевого до транскордонного або глобального. Таким чином проблема повинна вирішуватися шляхом безлічі підходів, що вимагають спеціальних і цілеспрямованих дій на національному рівні, які зіставляються і координуються на регіональному та міжнародному рівнях. Однак, цілком зрозуміло, що процес розв'язання проблеми інвазивних чужорідних видів у морському і водному середовищі сильно відрізняється в різних країнах. Хоча й існує загальний напрямок на поліпшення законодавчих і виконавчих рамок для запобігання, контролю та ліквідації впливів ІЧВ на національному та міжнародному рівнях, все ще багато чого необхідно зробити.

Види, які внаслідок людської діяльності були переміщені, спеціально або випадково, в райони, де вони не мешкали спочатку, називаються "впровадженими видами" або "чужорідними видами". Існує багато прикладів спеціального впровадження видів, включно з багатьма харчовими видами та організмами, такими як тилапія, деякі види лосося і молюсків.

У той час як більшість інтродукованих видів у результаті інтродукції не виробляє або виробляє невеликі, майже непомітні, зміни для різноманітності та продуктивності місцевої екосистеми, деякі впроваджені види можуть, за відповідних умов, закріпитися і, за відсутності природних обмежувачів, таких як хижаки, паразити або захворювання, радикально змінити екосистему. Такі види називаються інвазійними чужорідними видами (ІЧВ). Оскільки впроваджені види не мають таких природних обмежень, які існують у їхньому вихідному середовищі, підтримуючи чисельність популяції та екологічний баланс на натуральному рівні, вони мають тенденцію швидко розвиватися, до тих пір, поки вони не захоплять своє нове навколишнє середовище, часто завдаючи шкоди місцевому біорізноманіттю та джерелам прожитку людини.

Одні з перших випадків інтродукції видів у нові райони відносяться ще до XIII ст., коли люди починали просуватися далі через океани, досліджуючи та пізнаючи світ. Кількість таких інцидентів зростала, спочатку повільно, потім дедалі швидше, разом зі збільшенням інтенсивності морської діяльності, пов'язаної головним чином із торгівлею між країнами. Особливо це стало помітно після промислової революції, яка проклала шлях до сучасної глобальної економіки [1]. У 1903 р. одноклітинна водорість, відома вченим як *Odontella sinensis*, була виявлена в протоці Скагеррак. Пізніше її знову помітили в Північному морі та в 1909 р. зареєстрували біля м. Плімут (Англія). Хоча подібні водорості мешкають у всіх океанах і морях, цей конкретний вид, як відомо, віддає перевагу теплим тропічним водам Індо-Тихоокеанського регіону, а не



холодним північним морям. Цей морський організм потрапив у підручники історії як один із перших зафіксованих випадків водних інвазій.

Прикладами ІЧВ, які завдали серйозної екологічної та економічної шкоди є смугаста мідія (дрейссена - *Dreissena polymorpha*) і гребневик (*Mnemiopsis leidyi*). Прісноводна дрейссена, аборигенна для Європи, стала плідним вселенцем, поширившись у США з баластною водою. Зараз її знаходять у водних шляхах усю Північної Америки. Дрейссена покриває будь-які тверді структури, що знаходяться у воді, і блокує водяні труби. Орієнтовна вартість боротьби з цією проблемою становить до 1 мільярда доларів США за десять років. Між 2003 та 2006 роками в Іспанії Міністерство навколишнього середовища виділив 300 мільйонів на боротьбу з видом. В 2001 році був виявлений цей вид в басейні річки Ебро. В той час щільність особин була дуже низькою, але в наступні роки він зміг розширитися до басейнів Юкара і Сегури. В 2011 році ця інвазійна популяція повернулася до тих, що протікали по течії Ебро, і прибули на базу Ундугарри у Візкая. Інші пункти, де були виявлені ці екземпляри, знаходяться в дамбі Соброн, в Бургосі, та стрибку на гідроелектростанції Пуентеларра, в Алаві [14].

Північноамериканський гребневик був внесений у Чорне море з судновою баластною водою на початку 80-х. На початку 90-х вилов анчоусових риб практично зник, а щорічний комерційний збиток, спричинений падінням вилову ринкових видів риби, сягнув щонайменше 240 мільйонів доларів США. Існує багато інших прикладів інвазивних видів, які завдали значної шкоди біорізноманіттю, ресурсам екосистем, рибальству та марикультурі, людському здоров'ю, промислового розвитку та інфраструктурі.

Вплив на здоров'я і добробут людини включає зниження можливостей для відпочинку, а також надмірний розвиток водоносних шарів і згасання пляжів разом із появою паразитів і захворювань. Поширення токсичного фітопланктону та збільшення появ шкідливих червоних припливів є серйозною проблемою для здоров'я. Наприклад, на тихоокеанському узбережжі Мексики відзначено спалахи паралітичного отруєння молюсками, викликаного привнесеними динофлагелятами, *Gymnodinium catenatum*, що спричинили близько 30 смертельних випадків і близько 500 випадків госпіталізації. Також відомо, що мутовані штами холери (*Vibrio cholera*), можуть далеко подорожувати з судновою баластною водою. Скидання баластної води з вірулентним штамом холери викликало велику епідемію холери в Перу в 1991 році, яка вразила тисячі людей [30].

Зміни у функціонуванні екосистеми включають зміни в харчовому циклі та



погіршення якості води. В Африці та південно-східній Азії існує багато проблем, спричинених ІЧВ водним гіацинтом. Щільне переплетення цих рослин блокує водні шляхи аж до покриття цілих озер і річок. Ця рослина спричиняє зменшення рівня розчиненого у воді кисню і, таким чином, зменшує кількість риби, яка може жити в цих водоймах. Це впливає на вилов риби та судноплавство. Водний гіацинт забирає з води великі кількості поживних речовин і пригнічує розвиток місцевих рослин. Коли водний гіацинт гине, то він тоне, занурюючись на дно водойми, спричиняючи таким чином евтрофію води, внаслідок звільнення забраних поживних речовин. Деградація водойм загрожує якості питної води і таким чином впливає на здоров'я людини.

Економічний вплив може бути результатом зіткнення з біологічними ресурсами, які підтримують риболовлю та марікультуру (зникнення запасів риби), впливу на рибну ловлю (наприклад, обростання знарядь лову), руйнування туристичної галузі. Одним з прикладів є європейський зелений краб (*Carcinus maenas*), уперше перенесений у США на дерев'яних суднах в отворах корпусу, пророблених черв'яками. Встановлено, що він принаймні частково відповідальний за припинення в 50-х роках вилову мідій - зниження вилову на 85% за період з 1938 по 1959 рік, що вплинуло на тисячі людей [16].

Морське співтовариство широко визнає небезпеку баластних вод. Стало зрозуміло, що баластні води впливають не тільки на місцеву фауну і морське середовище. Величезний прямий економічний вплив, а також потенційна довгострокова шкода навколишньому середовищу і людям призвели до розробки міжнародних, національних і регіональних правил з метою контролю видів і організмів, що завантажуються і вивантажуються.

5.2. Огляд нормативної бази регулювання питань щодо протидії забрудненню морського середовища

У зв'язку з Конвенцією з УБВ, Комітетом із захисту морського середовища ММО був розроблен пакет із керівництв, метою цих посібників є допомога урядам та іншій владі, капітанам суден, операторам і судновласникам, а також портовій владі в мінімізації ризику внесення шкідливих водних організмів і патогенів із баластною водою при дотриманні вимог безпеки судна.

Для того, щоб країна ефективно управляла ризиками впровадження патогенних різновидів з баластною водою, необхідна наявність відповідної



політики, що ґрунтується на базовій науковій і технічній інформації. Національна стратегія з управління баластною водою (НСУБВ) є складовою частиною національних законодавчих рамок, разом із відповідною політикою, правовими та організаційними заходами, а також з більш спеціальними програмами роботи і планами дій. Вона має перевести національну політику в ефективну і результативну практику управління баластною водою, яка відповідатиме національним, як і міжнародним зобов'язанням і вимогам. Як така, вона є передумовою для ефективного впровадження, і може слугувати важливим інструментом для правового та організаційного розвитку та/або реформи.

Багато країн, як і місцева портова влада, вже мають свої спеціальні вимоги щодо управління баластною водою для захисту і підтримки місцевих вимог щодо управління баластною водою для захисту і підтримки місцевих екосистем і як частину їхнього внеску в глобальні угоди. До них належать, наприклад, Австралія, США і Нова Зеландія. Міжнародна Асоціація незалежних власників танкерів (ІНТЕРТАНКО) у співпраці з Міжнародною палатою судноплавства виконали роботу зі збору інформації про країни, які мають вимоги щодо управління баластною водою та повідомлень про неї. Вони ведуть базу даних з 1990 року, в якій зазначено 17 місць, у яких є "карантинні вимоги щодо управління баластною водою". Це Аргентина, Австралія, Бразилія, Канада, Чилі, Ізраїль, Нова Зеландія, Острови Окні (Велика Британія), США, Каліфорнія, порт Окленд (США), Великі Озера (США) і порт Ванкувер (Канада) [16].

Наявні національні стратегії з управління баластною водою відрізняються одна від одної в різних аспектах, щодо структури, так само як і щодо технічного змісту і загального підходу. Вони відображають відмінності в правовому і організаційному середовищі, також як і національні біогеографічні характеристики та інтереси.

Одним із головних зовнішньоекономічних пріоритетів України є євроінтеграція, реалізація цього пріоритету у транспортній сфері дозволить збільшити обсяги перевезень міжнародними транспортними коридорами територією нашої держави, розвинути транспортну інфраструктуру, збільшити експорт українських товарів, та покращити безпеку на транспорті. У зв'язку із цим у сфері здійснення ефективних та безпечних транспортних перевезень відбувається поступове наближення вітчизняного законодавства до вимог законодавства ЄС.

Міністерство інфраструктури України розробило та опублікувало для громадського обговорення законопроекти, необхідні для приєднання до



Міжнародної конвенції про контроль суднового водяного баласту та поводження з ними 2004 року [31].

Один із представлених законопроектів, розроблений на виконання пункту 1848 Плану заходів з виконання Угоди про асоціацію, передбачає «внесення змін до законодавства України стосовно здійснення контролю державою порту, у тому числі приєднання до деяких міжнародних договорів, а також здійснення організаційних заходів щодо реорганізації служб капітанів морських портів». Згідно з пояснювальною запискою до нього, в Україні досі не визначено механізм контролю за судновим водяним баластом [31].

Задля вирішення вищезазначених питань Міністерство інфраструктури України пропонує приєднатися до Міжнародної конвенції про баластні води, що набула чинності 13 лютого 2004 року у місті Лондон, з поправками, прийнятими 13 квітня 2018 року.

Запобігання перенесенню інвазійних видів та координація своєчасного та ефективного реагування на вторгнення вимагає співпраці та взаємодії між урядами, економічними секторами, неурядовими організаціями та міжнародними договірними організаціями; Конвенція ООН з морського права (стаття 196) забезпечує глобальну основу, вимагаючи від держав співпрацювати з метою запобігання, скорочення та контролю забруднення морського середовища, включаючи навмисне або випадкове введення видів, чужорідних або нових, в певну частину морського середовища, що може спричинити значні та шкідливі зміни в ньому. ММО була на передовій міжнародних зусиль, взявши на себе провідну роль у вирішенні проблеми перенесення інвазійних водних видів. У 1991 році МЕРС прийняла Міжнародне керівництво по запобіганню інтродукції небажаних водних організмів і патогенних мікроорганізмів з баластними водами і скидами осаду суден [3].

У процесі розробки Конвенції було докладено значних зусиль для формулювання відповідних стандартів з управління баластними водами. Це стандарт обміну баластних вод і стандарт продуктивності баластних вод. Судна, що здійснюють заміну баластних вод, повинні робити це з ефективністю 95% об'ємного обміну баластних вод, а судна, що використовують систему управління баластними водами (СУБВ), повинні відповідати стандарту ефективності, заснованому на узгодженій кількості організмів на одиницю об'єму [15].

Правило D-3 Конвенції BWM вимагає, щоб системи управління баластними водами, які використовуються для дотримання Конвенції, були схвалені Адміністрацією з урахуванням Керівних принципів схвалення систем управління



баластними водами (G8). Керівництво (G8) було переглянута в 2016 році і перетворено в обов'язковий Кодекс зі схвалення систем управління баластними водами (Кодекс СУБ), який був прийнятий МЕРС 72 у квітень 2018 року і набуває чинності в жовтні 2019 року [14].

Правило D-3 також вимагає, щоб системи управління баластними водами, в яких використовуються активні речовини, відповідали Конвенції, були схвалені ММО відповідно до Процедури схвалення систем управління баластними водами, в яких використовуються активні речовини (G9) [12]. Процедура (G9) складається з дворівневого процесу - Базового та Остаточного схвалення - для забезпечення того, щоб система управління баластними водами не становила необґрунтованого ризику для навколишнього середовища, здоров'я людей, майна або ресурсів.

Під егідою GESAMP була створена технічна група експертів для розгляду пропозицій, поданих на схвалення систем управління баластними водами, що використовують активні речовини. Робоча група ГЕСАМП з баластних вод (GESAMP-BWWG) звітує перед Організацією про те, чи представляє така пропозиція необґрунтовані ризики відповідно до критеріїв, зазначених у Процедурі (G9). Конвенція вимагає проведення огляду для того, щоб визначити, чи доступні відповідні технології для досягнення стандарту. Мін природи провело ряд таких оглядів і дійшло висновку, що для досягнення стандарту, який міститься в правилі D-2 Конвенції по боротьбі з баластними водами, існують відповідні технології.

Системи управління баластними водами усувають організми, які можуть бути знайдені в баластних водах суден. Ці системи використовують або комбінують різні технології - фільтри, хімікати, світло, ультразвук, тепло, електрику, магнітні поля - залежно від типу судна, наявного на борту простору і вартості. Баластні води, як правило, обробляються в двоступеневий процес, за допомогою якого спочатку відокремлюються тверді частинки у воді, а потім вода обробляється з використанням однієї або декількох технологій для знищення потенційно шкідливих морських організмів у воді або відкладеннях.

План управління баластними водами є оперативним інструментом, який судові оператори повинні розробити, впровадити і тримати на борту судна, щоб відповідати вимогам Конвенції з управління баластними водами. У ньому викладені дії і процедури, яких повинен дотримуватися екіпаж судна для забезпечення безпечного управління баластними водами [13].

У плані розглядаються наступні питання:

- Обов'язки екіпажу при проведенні баластних операцій;



- Інструкція як проводити баластні операції;
- Рекомендації відносно знаходження місця для заміни баластних вод;
- Правила контролю з боку держави порту в різних країнах світу;
- Визначення портів, які мають берегові споруди для скидання осаду і баластних вод.

План також вимагає ведення документації - баластної книги, в якій фіксується така інформація, як дата і кількість баластної води, солоність і температура баластної води, а також місцезнаходження судна.

Що стосується вибору виробника, список затверджених ММО постачальників системи очищення баластних вод дедалі зростає. Багато з них використовують технології, засновані на технологіях очищення вод на суші, тоді як інші представляють більш інноваційні рішення, наприклад, використання інертних газів і хімічних біоцидів.

Наразі встановлено досить мало систем на судна, тож оцінити їхню працездатність поки що не є можливим. У результаті чого власники та оператори суден поки що не дуже довіряють різним видам систем, і можуть тільки сподіватися, що обрана система обробки баластних вод виявиться надійною та ефективною в довгостроковому періоді.

Слід зазначити, що за ратифікацією конвенції найближчими роками, буде близько 50 000 суден та інших плав-засобів, в яких доведеться встановлювати системи обробки баластних вод. Поточний стан світових суднобудівних верфей і заводів не може забезпечити цей попит, і судновласники, які потребуватимуть встановлення, можуть опинитися перед необхідністю чекати доступного заводу протягом тривалого часу.

І нарешті, коли систему вже встановлено, можливо, зі значними витратами, може виявитися, що основні проблеми ще попереду. Цією проблемою виявиться практична ефективність обладнання та його здатність забезпечити повну відповідність вимогам конвенції під пильним наглядом офіцерів країни прапора, портової влади та інших уповноважених органів.

Щоб отримати сертифікацію від ММО, система обробки баластних вод повинна пройти серію тестів на суші і на судні, у яких є певний набір критеріїв відповідності екологічним умовам. Тоді як видається можливим визначити ефективність системи з певною точністю в контрольованих, майже лабораторних умовах під час процедури отримання дозволу, в реальності робота системи може виявитися зовсім іншою. Тоді як існують певні рекомендації щодо методів тестування, немає певного загального протоколу, який має бути використаний на рівні портів, щоб визначити, чи відповідають критерії обробки баластних вод



певним судном стандартам конвенції. Триває дискусія щодо того, як досягти максимальної відповідності суден вимогам угоди. Сюди відносяться такі фундаментальні питання, як методи взяття проб і те, чи повинні проби бути вибірковими або суцільними.

5.3. Огляд існуючих методів очищення баластних вод в судноплавстві

Баластна вода є обов'язковою частиною суден для забезпечення стійкості та маневреності під час плавання [8]. Баластна вода зазвичай зберігається в баластних танках, коли вантажний трюм порожній або не повністю заповнений вантажем або коли потрібна додаткова остійність для плавання в штормових умовах [8]. На додаток до вищезазначених функцій, баластна вода також може використовуватися для забезпечення остійності судна, коли додаткова вага спричиняє менше занурення корпусу судна під час плавання у відкритому морі.

Системи обробки баластних вод (СОБВ), розроблені відповідно до стандартів, викладених в Конвенції з управління баластними водами, прийнятої Міжнародною морською організацією (ММО), у якій були узагальнені вимоги з урахуванням існуючих та розроблюваних систем обробки баластних вод. Системи повинні застосовуватися в різних умовах на борту судна (наприклад, різні типи суден, швидкість потоку і води, що підлягають очищенню), тому розглядаються принципово різні СОБВ. Описано найпоширеніші технології очищення та основні технічні вимоги, а також задокументовано наявність сертифікованих БОС.

Згідно з вимогами ММО, ОБВ повинно здійснюватися на відстані не менше 200 морських миль від найближчої суші та на глибині не менше 200 м. суші і на глибині не менше 200 м. Якщо це неможливо, то ОБВ слід проводити якнайдалі від найближчої суші, але в усіх випадках на відстані не менше 50 морських миль від найближчої суші і на глибині не менше 200 м. [8]. У морських районах, де ці параметри не можуть бути дотримані, держава порту може призначити зону ОБВ, проконсультувавшись із суміжними або іншими державами, залежно від обставин. На додаток до вимог ММО слід також враховувати національні вимоги до ОБВ. Загалом, від судна не слід вимагати відхилитися від запланованого рейсу, і рейс не повинен затримуватися. Однак держава порту може вимагати від судна відхилитися, що може призвести до затримки, якщо визначений район ОБВ було створено.

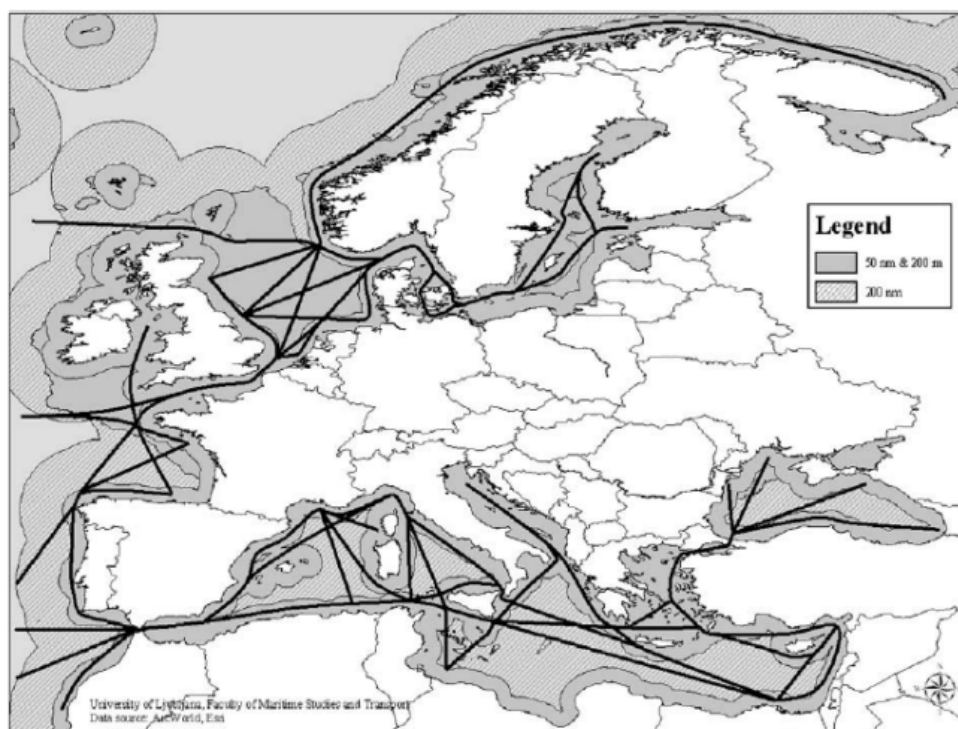


Рисунок 3 - Європейські моря з межами 50 морських миль і 200 м глибини показані темно-сірим кольором, а світло-сірим заштриховані 200 морських миль. Основні судноплавні шляхи показані чорними лініями [8]

Існує багато різних технологій очищення, і більшість з них раніше були розроблені для застосування в комунальному господарстві та інших галузях промисловості. Однак, при застосуванні їх без модифікацій і вдосконалень з метою очищення баластних вод, жодна з цих технологій не продемонструвала здатності очищати баластні води до рівня, що вимагається стандартом ОБВ Стандарт Конвенції D-2 щодо якості баластних вод [14]. Стандарт в Правилі D-2 Конвенції по управлінню баластними водами вимагає скидання низької кількості організмів на одиницю об'єму води відповідно до двох класів розмірів, а також дотримання спеціальних стандартів здоров'я людини для індикаторних бактерій [14]:

- 1) Судна, що здійснюють управління баластними водами відповідно до цього правила, повинні скидати менше 10 життєздатних організмів на кубічний метр, що перевищує або дорівнює 50 мікрометрів у мінімальному вимірі, і менше 10 життєздатних організмів на мілілітр, що перевищує або дорівнює 50 мікрометрів у мінімальному вимірі, і менше 10 життєздатних організмів на мілілітр, що не перевищує 50 менше 50 мікрометрів у мінімальному вимірі та більше або дорівнює 10 мікрометрів у мінімальному вимірі; і викид індикаторних мікробів не повинен перевищувати зазначених концентрацій, описаних у пункті 2.



- 2) Індикаторні мікроби, як стандарт здоров'я людини, повинні включати
- Токсикогенні *Vibrio cholerae* (O1 та O139) з вмістом менше 1 колонієутворюючої одиниці (КУО) на 100 мілілітрів або менше 1 КУО на 1 грам (сирої ваги) зразків зоопланктону;
 - Escherichia coli* менше 250 КУО на 100 мілілітрів;
 - кишкові ентерококи менше 100 КУО на 100 мілілітрів.

В даний час вважається, що єдиний спосіб досягти вимог до скидів стандарту D-2 є встановлення УОБВ. Незабаром очікується вступ в силу Конвенції УБВ є важливою рушійною силою для розвитку технологій очищення баластних вод в усьому світі [8], і очікується, що попит на ці системи незабаром значно зросте. Поетапне впровадження стандарту D-2 було узгоджено в ММО відповідно до об'єму баластних вод і віку суден.

Судно збудовано	Продуктивність (m ³)	Впровадження стандартів D1 та D2 Конвенції ОБВ							
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<2009	1500 - 5000	D-1 or D-2					D-2		
<2009	<1500 >5000	D-1 or D-2						D-2	
2009	<5000	D-1 or D-2		D-2					
2010	<5000	D-2							
2009 <2012	>5000	D-1 or D-2						D-2	
2012	>5000	D-2							

Рисунок 4 - Поетапне впровадження стандарту продуктивності баластної води (Правило D-2) в залежності від віку судна та баласту водомісткість по відношенню до стандарту обміну баластної води (Правило D-1) [8]

Процес переміщення рідини або осаду (баластування/дебаластування) матиме негативний вплив на екосистему, в якій відбувається процес баластування [10]. Щоб мінімізувати цей негативний вплив, ММО запропонувала стандартні баластні процеси для зменшення потенційних проблем. Згідно з ММО, існує два стандарти для зменшення впливу баласту вода: D-1 і D-2. D-1 – це баластний метод шляхом обміну баластної води посеред моря (більше 200 морських миль від берега). D-2 - це використання докової системи очищення баластних вод. У 2004 році ММО прийняла стандарт управління баластними водами (УБВ) D-1 стандарт конвенції. Він регламентує скидання баластних вод і методи зниження ризику баласту та методи зменшення



ризикі потрапляння чужорідних видів. У 2017 році ММО випустила стандарт гігієни баластних вод D-2 як стандарт для обробки баластних вод. Стандарт D-1 може застосовуватися двома способами: за допомогою послідовного методу і проточним методом [8]. Послідовний метод вимагає скидання баластних вод за допомогою насосів. Проточний метод вимагає переповнення резервуара також за допомогою насосів для досягнення 95% обсягу заміни води при 3-кратному збільшенні об'єму танка. ММО також регламентує важливість зменшення інвазійних організмів в баластних вод, що скидаються відповідно до правила D-2.

Працівники судноплавної галузі несуть велику відповідальність кожного разу, коли вони залишають порт. По-перше, вони несуть відповідальність за виконання своїх обов'язків, перевезення вантажів і доставку товарів для клієнтів по всьому світу. Виконання цього завдання є вкрай важливим - і це вимагає, щоб кожна частина кожного судна була в ідеальному робочому стані. По-друге, судноплавні компанії повинні враховувати вплив своїх транспортних суден на навколишнє середовище. Глобальні судноплавні канали з'єднали людство в безпрецедентних масштабах, але вони також піддають ризику різні екосистеми по всьому світу. Це пов'язано з мікроорганізмами, які подорожують в баластних водах судна і можуть забруднювати або вторгтися в морську екологію нового регіону, завдаючи незліченної шкоди місцевості.

У багатьох портах світу існує обмеження на використання баластної води. Спеціальні портові баластні цистерни передбачені для виправлення диференту і осадки судна під час завантаження або розвантаження, і це називається портовим баластом.

З різних варіантів управління баластними водами обробка на причалі після прибуття не є ефективним варіантом вирішення питання. Це означає, що судна будуть перевозити потенційно інвазійні види в своїх баластних танках і що аварійне скидання баластних вод, хоча і рідко, але буде тягнути за собою екологічні ризики. Якщо дебаластування перед заходом в порт необхідне, наприклад, через припливи і відливи, обробка на причалі не є можливим варіантом. Необхідні також розумні гарантії доступності, щоб уникнути дорогого часу очікування. З іншого боку, обробка на борту має свої недоліки. Простір, необхідний для обладнання, може бути використаний для вантажу; модернізація обладнання може бути незручною з точки зору умов праці при монтажі, експлуатації та технічному обслуговуванні; експлуатація вимагатиме уваги екіпажу в моменти, коли ця увага необхідна в іншому місці. Капітал інвестується в обладнання з невеликим терміном експлуатації. Моніторинг



діяльності з боку природоохоронних органів є складним.

З метою забезпечення відповідності суден нормам і правилам ММО щодо управління баластними водами, деякі судноплавні оператори почали впроваджувати системи очищення баластних вод на своїх судах.

На ринку доступні різноманітні технології для обробки баластних вод на судах. Однак, такі обмеження, як наявність місця, вартість впровадження та рівень екологічності відіграють важливу роль у використанні того чи іншого типу системи очищення баластних вод.

В процесі вибору системи очищення баластних вод для судна враховується ряд факторів. Деякі з основних факторів, що приймаються до уваги, є:

- Ефективність впливу на організми баластних вод
- екологічність безпека екіпажу;
- Економічна ефективність;
- Простота установки і експлуатації;
- Економія місця на борту судна.

Основними типами технологій очищення баластних вод, доступних на ринку, є:

- Системи фільтрації (фізичні);
- Хімічне знезараження (окислювальні і неокислювальні біоциди);
- Обробка ультрафіолетом;
- Дезоксигенаційна обробка;
- Теплова (термічна обробка);
- Акустична (кавітаційна обробка);
- Електроімпульсні/імпульсно-плазмові системи
- Обробка магнітним полем.

Системи фізичної сепарації або фільтрації використовуються для відділення морських організмів і зважених твердих речовин від баластної води за допомогою систем седиментації або поверхневої фільтрації. Відфільтровані тверді речовини і відпрацьована зворотна вода, що утворюється в процесі фільтрації, або скидається в районі, звідки береться баласт, або піддається подальшій обробці на борту судна перед скиданням.

Для фільтрації баластних вод в основному використовується наступне обладнання: екрани/диски: екрани, нерухомі або рухомі, або диски використовуються для ефективного видалення зважених твердих частинок з баластної води за допомогою автоматичної зворотної промивки [15].

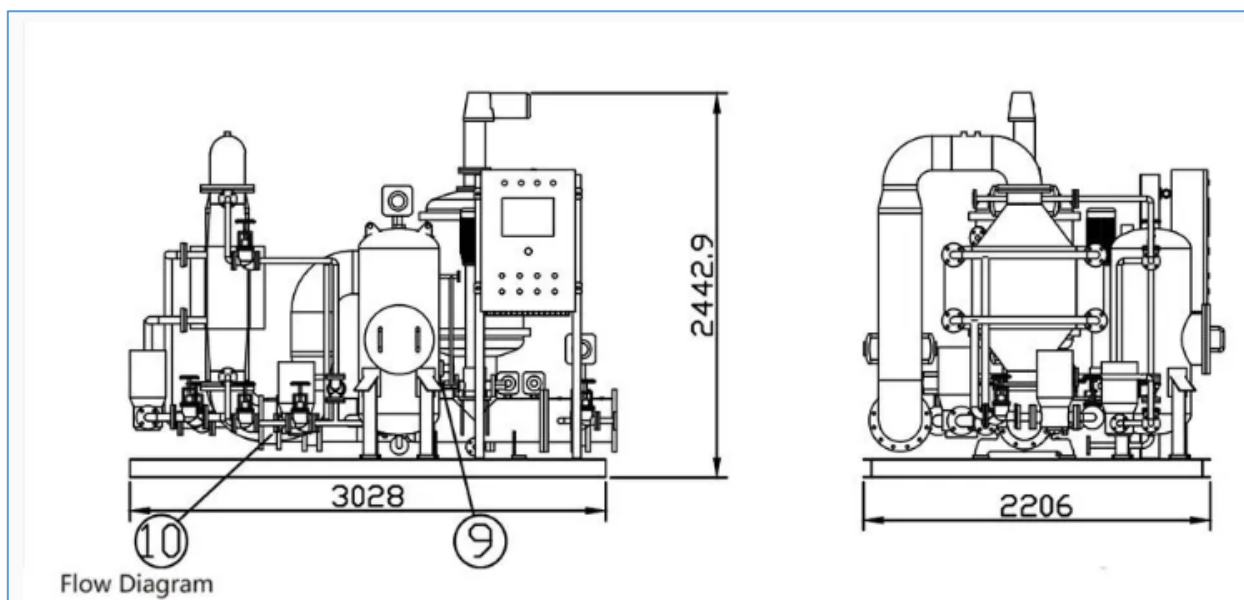


Рисунок 5 - Системи фізичної сепарації або фільтрації

Вони є надзвичайно екологічно чистими, оскільки не вимагають використання токсичних хімічних речовин у баластній воді. Сітчаста фільтрація ефективна для видалення твердих частинок великих розмірів, але не дуже зручна для видалення частинок і організмів менших розмірів. Помічено, що хоча сита дуже ефективні для видалення більшості зважених твердих частинок і організмів з баластної води, вони самі по собі не є достатніми для очищення баластної води відповідно до стандартів ММО.

Гідроциклон є ефективним обладнанням для відділення зважених речовин від баластної води. Високошвидкісна відцентрова сила використовується для обертання води для відділення твердих речовин. Оскільки гідроциклон не має рухомих частин, його легко встановлювати, експлуатувати та обслуговувати на суднах.

Гідроциклонні сепаратори не мають обертових частин і складаються з конічної основи, яка звужується з одного кінця. Енергія потоку рідини, що протікає через звужені перерізи корпусу гідроциклону використовується для утворення вихрового потоку [14].

Принцип дії гідроциклону заснований на прискоренні частинок і відділенні легкої фази від важкої за рахунок різної щільності. Тангенціальна подача баластної води під тиском у верхню циліндричну частину гідроциклону створює відцентровий обертальний потік до вершини (зовнішній вихор). Завдяки конічній формі вершини вихор сповільнюється і вихор сповільнюється і тиск підвищується безпосередньо над вихідним отвором, перериваючи ламінарний потік і змінюючи його напрямок на протилежний, вздовж осі і вгору, в область



більш низького тиску (внутрішній вихор).

У цій точці - в області зниженого тиску - відбувається розрив ламінарного потоку, встановлюється перелив, куди виводиться очищений баласт з гідроциклону. Відцентрова сила вихору рухає організми і осади, завдяки їх більшій масі, до стінок гідроциклону. Вони ковзають уздовж стінок і, нарешті, виводяться через верхній вихідний отвір, тобто вихідний патрубок для осаду.

Більш легка фаза (тобто очищений баласт) завдяки своїй меншій масі залишається навколо осі і внутрішній вихор виносить її через перелив. Щільність морської води і організмів в ній відрізняються одна від одної. Наприклад, щільність цист динофальгеллят становить понад 1,1 кг/м³ а отже вони можуть бути відокремлені від баластної води за допомогою гідроциклонів.

Було встановлено, що оскільки робота гідроциклонів сильно залежить від маси і щільності частинок, вони не є успішними у видаленні дрібних організмів з баластної води.

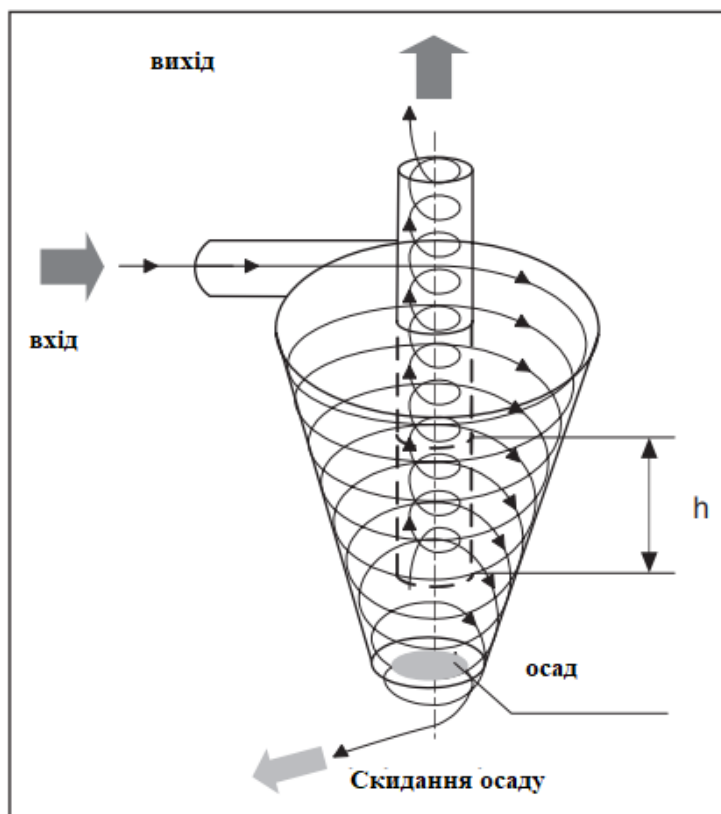


Рисунок 6 - Принцип дії гідроциклону [17]

Коагуляція, оскільки більшість методів фізичної фільтрації не здатні видалити дрібні тверді частинки, перед процесом фільтрації використовується метод коагуляції для з'єднання дрібних частинок разом для збільшення їх розміру. Зі збільшенням розміру частинок підвищується ефективність вищезгаданих процесів фільтрації. Така обробка, що включає коагуляцію



дрібних частинок у невеликі згустки, відома як флокуляція. Флокули осідають швидше і можуть бути легко видалені. Деякі системи очищення баластних вод, що використовують коагуляцію і флокуляцію, використовують допоміжний порошок, пісок, магнетит або фільтри грубої очистки для утворення пластівців. Для обробки баластної води для цього процесу потрібен додатковий резервуар, а отже, на суднах потрібен додатковий простір.

Медіафільтри є системи фізичного очищення баластних вод з використанням фільтрів-медіаторів також можуть використовуватися для фільтрації частинок меншого розміру. Було виявлено, що фільтри зі стисливого матеріалу (крихта гуми) більше підходять для використання на суднах через їх компактні розміри і меншу щільність у порівнянні зі звичайними системами гранульованої фільтрації.

Обробка магнітним полем використовує технологію коагуляції. Магнітний порошок змішується з коагулянтами і додається до баластної води. Це призводить до утворення магнітних флокул, які включають морські організми. Магнітні диски використовуються для відділення цих магнітних згустків від води.

Хімічна дезінфекція (окислювальні та неокислювальні біоциди) Обробка баластних вод. Біоциди (окислювальні та неокислювальні) - це дезінфікуючі засоби, які були протестовані для потенційного видалення інвазійних організмів з баластної води.

Біоциди видаляють або інактивують морські організми в баластній воді. Однак слід зазначити, що біоциди, які використовуються для дезінфекції баластної води, повинні бути ефективними щодо морських організмів, а також легко розкладатися або видалятися, щоб запобігти токсичності скидних вод.

Виходячи з їх функцій, біоциди в основному поділяються на два типи:

- Окислювальні
- Неокислювальні

Окислювальні біоциди: Окислювальні біоциди - це загальні дезінфікуючі засоби, такі як хлор, бром і йод, що використовуються для інактивації організмів у баластній воді. Цей тип дезінфікуючих засобів діє шляхом руйнування органічних структур мікроорганізмів, таких як клітинна мембрана або нуклеїнові кислоти.

Неокислювальні біоциди - це тип дезінфікуючих засобів, які при використанні втручаються в репродуктивну, нервову або метаболічну функції організмів

Деякі з процесів з використанням окислювальних біоцидів, що



застосовуються на борту суден, є наступними:

Хлорування - хлор розбавляється у воді для знищення мікроорганізмів.

Активний хлор давно відомий як одна з найагресивніших дезінфікуючих речовин. Хлорування (обробка хлором) води має виражену бактерицидну післядію у зв'язку з тим, що активний хлор не розпадається в обробленій воді та продовжує свою дію з плином часу.

Установки обробки баластних вод, що застосовують метод хлорування, поділяються також за принципом застосування активної речовини на установки з привнесеною активною речовиною і установки, що виробляють активну речовину з використовуваних середовищ [13].

Установки з привнесеною активною речовиною вимагають періодичного додавання у видаткову ємність активної речовини із запасів, що зберігаються в базі або перевозяться безпосередньо на судні. Поповнення видаткової ємності здійснюється відповідно до інструкцій виробника екіпажем із дотриманням правил роботи з небезпечними хімічними речовинами.

Очевидним недоліком такого типу установок є їхня нездатність працювати за відсутності хімічних реагентів, тобто в разі тривалого рейсу або логістичної помилки під час завантаження судна в порту, система обробки баластних вод стає повністю непридатною. Також, з огляду на високу токсичність хлору і його небезпеку в разі потрапляння в дихальні шляхи, слизові оболонки і шкірні покриви людини під час зберігання і поповнення активної речовини, необхідно дотримуватися високих заходів безпеки.

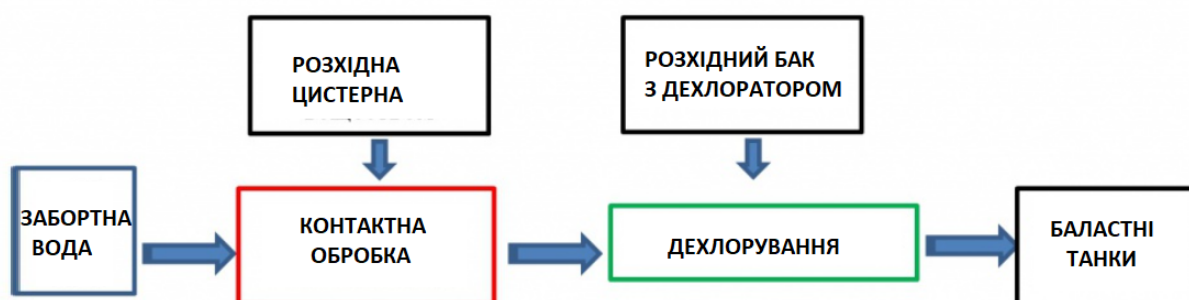


Рисунок 7 - Принципова схема установки обробки баластних вод, що працює на привносимій активній речовині

Хлор зберігає бактерицидну активність у воді, оскільки мало в ній розчинний. Щоб не допустити потрапляння високих концентрацій активного хлору у води Світового Океану, на установках оброблення баластних вод, які працюють на хлорі, необхідно також передбачити запас дехлорувальної речовини, який можна возити. Зазвичай для цих цілей використовують сульфід



натрію Na_2SO_3 . Таким чином, для забезпечення роботи установки необхідно зберігати на судні два типи реагентів, причому відсутність будь-якого з них виключає можливість роботи установки.

Також існують системи, в яких активний хлор витягують безпосередньо з робочого середовища - баластної води, яку приймають на борт. Хлор виділяється із солей NaCl , розчинених у морській воді у вигляді гіпохлориту NaOCl . Основною діючою речовиною в гіпохлориті натрію (хлорній воді, аноліті) є хлорноватиста кислота (HClO) - окислювач, що має найсильніші бактерицидні властивості. Основним способом отримання гіпохлориту з морської води є метод електролізу.

Щоб забезпечити ефективність роботи електролізера, що входить до складу установки обробки баластних вод, в дану систему, так само як і в систему з УФ опроміненням, необхідно вводити фільтр з чистотою фільтрації 50 мкм. Складнощі, що виникають в обслуговуванні такого обладнання, вже описувалися вище. Також залишається і проблема видалення активного хлору з води після обробки. Отримання дехлоратора з морської води неможливе, тому для цього типу установок він залишається перевезеним хімічним реагентом, без якого функціонування цієї системи баластних вод неприпустиме.



Рисунок 8 - Принципова схема установки баластних вод, що працює на гіпохлориті натрію, що виділяється з морської води

Озонування - газ озон вводиться в баластну воду за допомогою генератора озону. Газ озон розкладається і вступає в реакцію з іншими хімічними речовинами для знищення організмів у воді.

Інші окислювальні біоциди, такі як діоксид хлору, оцтова кислота і перекис водню, також використовуються для знищення організмів у баластній воді.

Неокислювальні біоциди: хоча на ринку є кілька неокислювальних біоцидів, лише деякі з них, такі як менадіон/вітамін К, використовуються в системах очищення баластних вод, оскільки вони мають тенденцію до утворення токсичних побічних продуктів. У цій галузі проводиться багато досліджень з



метою створення більшої кількості неокислювальних біоцидів, придатних для використання в баластних очисних спорудах.

Метод ультрафіолетової обробки баластних вод полягає в тому, що ультрафіолетові лампи оточують камеру, через яку пропускається баластна вода. УФ-лампи (амальгамні лампи) виробляють ультрафіолетові промені, які впливають на ДНК організмів, знешкоджують їх і перешкоджають їх розмноженню. Цей метод успішно використовується в усьому світі для фільтрації води і є ефективним проти широкого спектру організмів.

Озонування - газ озон вводиться в баластну воду за допомогою генератора озону. Газ озон розкладається і вступає в реакцію з іншими хімічними речовинами для знищення організмів у воді.

Інші окислювальні біоциди, такі як діоксид хлору, оцтова кислота і перекис водню, також використовуються для знищення організмів у баластній воді.

Неокислювальні біоциди: хоча на ринку є кілька неокислювальних біоцидів, лише деякі з них, такі як менадіон/вітамін К, використовуються в системах очищення баластних вод, оскільки вони мають тенденцію до утворення токсичних побічних продуктів. У цій галузі проводиться багато досліджень з метою створення більшої кількості неокислювальних біоцидів, придатних для використання в баластних очисних спорудах.

Метод ультрафіолетової обробки баластних вод полягає в тому, що ультрафіолетові лампи оточують камеру, через яку пропускається баластна вода. УФ-лампи (амальгамні лампи) виробляють ультрафіолетові промені, які впливають на ДНК організмів, знешкоджують їх і перешкоджають їх розмноженню. Цей метод успішно використовується в усьому світі для фільтрації води і є ефективним проти широкого спектру організмів.

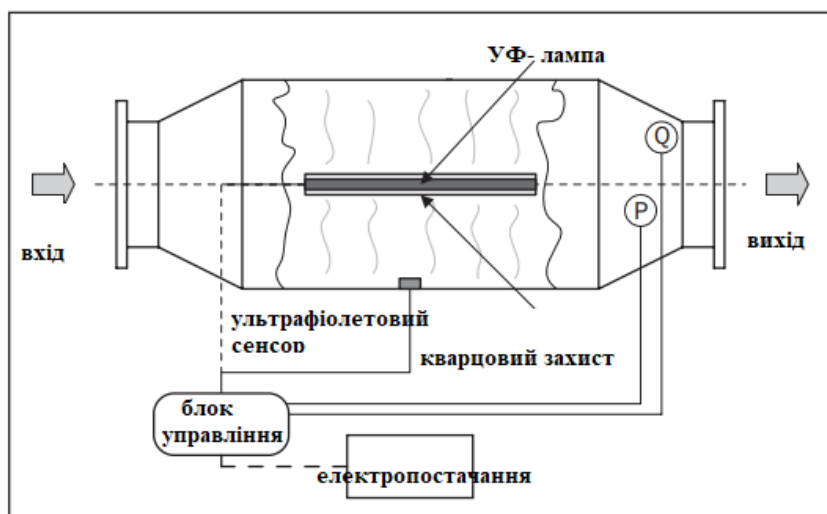


Рисунок 9 - Система ультрафіолетової обробки [13]



Спеціальне світло стерилізує воду в баластних цистернах. У діапазоні UVC довжина хвилі 254 нанометри руйнує ДНК бактерій і патогенних мікроорганізмів, роблячи їх неактивними, і, таким чином, перешкоджає їх розмноженню. Для цього процесу встановлюються спеціальні УФ-лампи, а також комплектні модулі та джерела живлення для інтеграції в сучасні системи очищення баластних вод. Стандарти чистоти баластних вод, визначені ММО, сприяють запобіганню занесенню інвазійних водних організмів. З ратифікацією правил ММО в 2017 році, екологічно сумісні системи очищення баластних вод незабаром стануть обов'язковими на всіх морських суднах, що працюють в міжнародних водах, які скидають баластні води.

Переваги з УФ-світлом:

- Швидка, ефективна і економічна технологія;
- Проста в обслуговуванні і не вимагає великих витрат на технічне обслуговування;
- Екологічно чистий, безпечний і не містить хімічних речовин процес;
- Відсутність транспортування, зберігання та обробки небезпечних вантажів;
- Відсутність впливу на навколишнє середовище.

Дезоксигенація, як впливає з назви, метод обробки баласту деоксигенацією передбачає продування/видалення кисню з баластних цистерн для води, щоб викликати у організмів асфіксію. Зазвичай це робиться шляхом впорскування азоту або будь-якого іншого інертного газу в простір над рівнем води в баластних цистернах.

Зазвичай потрібно приблизно 2-4 дні для того, щоб інертний газ знищив організми. Таким чином, цей метод, як правило, не підходить для суден з коротким часом транзиту. Крім того, такі типи систем можуть використовуватися на суднах з ідеально герметичними баластними цистернами. Якщо на судні вже встановлена система інертних газів, то система деоксигенації не зажадає додаткового місця на борту судна.

Кавітація або ультразвукове очищення. Ультразвукова енергія використовується для виробництва високоенергетичного ультразвуку для знищення клітин організмів у баластній воді. Такі методи кавітації баластної води під високим тиском зазвичай використовуються в поєднанні з іншими системами.

Обробка електричним імпульсом / плазмою. Електричний імпульс чи плазма для обробки баластних вод все ще знаходиться на стадії розробки. У цій системі короткі сплески енергії використовуються для знищення організмів у



баластній воді.

У технології імпульсного електричного поля два металеві електроди використовуються для виробництва енергетичного імпульсу в баластній воді при дуже високій щільності потужності і тиску. Ця енергія вбиває організми у воді.

В електричній плазмовій технології імпульс високої енергії подається на механізм, розміщений у баластній воді, генеруючи плазмову дугу і таким чином вбиваючи організми.

Вважається, що обидва ці методи мають майже однаковий вплив на організми. Для ефективного очищення баластних вод розроблено різні види обладнання, що базуються на різних технологіях [13].

Таблиця 1 - Аналіз систем очищення суднових баластних вод

Метод очищення	Принцип дії	Недоліки
Механічні методи		
Фільтрація	Пористі бар'єри	- Неefективна енергетика - Великі розміри системи - Скидання осаду - Надзвичайно дрібні частинки можуть виходити з системи
Циклонічна сепарація	Потужна відцентрова сила відокремлює важчі частинки.	- Неefективна енергія - Великий розмір системи - Викид осаду - Надзвичайно дрібні частинки можуть виходити з системи.
Фізична дезінфекція		
Кавітація та ультразвук	Високоамплітудна звукова енергія і частота руйнують клітинні мембрани.	- Значний ризик для здоров'я і безпеки людини - Пошкоджують корпус
Термічна обробка	Підвищена температура вбиває організми	Низька енергоефективність
Деоксигенація	Організми знищуються через дефіцит кисню	Видалення анаеробних мікроорганізмів не є ефективним в умовах короткочасного рейсу (<4 діб).



Ультрафіолетове випромінювання	Ультрафіолетове випромінювання вбиває мікроорганізми.	<ul style="list-style-type: none"> - Не ефективно для видалення суспензій і великих організмів - Неefективне використання енергії - Великі розміри системи - Неможливість відведення баластної води самопливом
Хімічна обробка		
Хлорування, хлор діоксид, електроліз	Хлор вбиває організми	<ul style="list-style-type: none"> - Не ефективний в районах з низькою солоністю - Утворює небажані хлоровані вуглеводні та тригалометан - Збільшує корозію - Вторинна нейтралізація залишкового гіпохлориту під час скидання баласту неминуча. - Обслуговування і заміна електродів є складний
Озонування	Бром вбиває організми	<ul style="list-style-type: none"> - Неefективна енергетика - Складність виявлення витоку озону - Корозія баластної системи - Потребує нейтралізації під час дебаластування процес
Перикисневе	Перикисневе окислення вбиває організми	<ul style="list-style-type: none"> - Вважається дорогою - Важко отримати - Проблема з місцем для зберігання
SeaKleen Chemical	Хімія вбиває організми	<ul style="list-style-type: none"> - Негативні наслідки вторинних

Для ефективного очищення баластних вод розроблено різні види обладнання, що базуються на різних технологіях. Наразі на ринку представлено 22 типи апробованого обладнання. З них 12 засновані на ультрафіолетовому опроміненні та фільтрації, 7 - на електролізі та фільтрації, один - на деоксигенації, один - на хімічному впорскуванні та один - на чистому озоні [17].

Більшість методів обробки водяного баласту все ще розробляються або знаходяться на початковій стадії досліджень. Існуючі методи заміни баластних вод не зможуть відповідати суворим вимогам що пред'являються міжнародними правилами.



Таблиця 2 - Оцінка методів очищення баластних вод

Спосіб обробки	Безпечність	Біологічна ефективність	Екологічність
Фільтрація	4	1	4
Гідроциклонне розділення	4	1	4
Відцентрове розділення	4	1	4
Ультрафіолетове випромінювання	4	2	3
Ультразвук	3	2	3
Термічна бробка	3	2	4
Біоциди	2	3	1
Озонування	2	1	3
Імпульсна плазма	3	N	N
Розкислення	N	2	3
Покриття емкостей	3	1	2
Комбіновані методи: гідроциклонне розділення/УФ випромінювання	4	3	3

Умовні позначення: N - невідомо, 1 - неприйнятно, 2 - погано, 3 - частково прийнятно, 4 – прийнятно 1, 2 для суден у баластному рейсі < 10 діб, 3 для суден у баластному рейсі > 10 діб

В даний час існує багато різних систем очищення баластних вод, а інші знаходяться в стадії розробки [17]. В липні 2021 року була опублікована інформація про 87 різних систем які використовуються в галуззі судноплавства [14]. З яких 67 використовують ту чи іншу технологію попередньої обробки (51 - фільтрацію, інші - різні інші методи для механічного розділення організмів або комбінацію цих методів). На етапі вторинної обробки більшість систем (60) використовують ту чи іншу "активну речовину" [9].

Найчастіше активні речовини отримують шляхом електролізу/електрохлорування (25 систем), який здебільшого застосовують у поєднанні з іншими методами. За цими методами діючі речовини активні речовини генеруються або в повному потоці води, або в бічному потоці, а потім знову впорскуються в баластну трубу судна. Другим поширеним методом є ультрафіолет (24 системи); 16 з цих систем використовують УФ як єдиний етап вторинного очищення, тоді як вісім систем використовують УФ у поєднанні з одним або декількома іншими методами, наприклад, TiO₂, ультразвуком, озонуванням, електролізом, плазмою. Загалом 20 систем використовують два або



більше етапів очищення, тоді як 64 покладаються на один етап вторинної обробки.

Системи очищення баластних вод тепер повинні відповідати Конвенції ОБВ і можуть бути класифіковані за технологією, біологією, потужністю, вартістю, розміром, регіонами та правилами. Система може використовувати комбінацію механічних, фізичних та хімічних/біоцидних методів для дотримання вимог Конвенції ОБВ. Розмір судна визначає потужність його баластної системи, а отже, і вимоги до очищення баластних вод.

5.4. Екологічний вплив баластних вод враховуючі токсичність та накопичення побічних продуктів дезінфекції

Більшість методів обробки баластних вод, що застосовуються в даний час, використовують хімічний метод, оскільки було доведено, що він має високу ефективність і швидкість процесу очищення [11].

В даний час у світі не існує спеціального регулювання для моніторингу викидів побічні продукти дезінфекції ППД в результаті обробки баластних вод в доках [17]. Поточний підхід встановлює лише максимально допустимий викид ТРО з максимальним значенням 0,2 мг/л Cl₂ для систем хлорування, 0,2 мг/л Cl₂ для систем хлорування, 0,45 мг/л Br₂ для систем озонування та 0,5 мг/л H₂O₂ р 0,3 мг/л ПАА для окислення за допомогою систем з використанням оцтової кислоти [17]. Регулювання, пов'язане з побічні продукти дезінфекції, що вивільняються з баласту очищення води в даний час обмежене через різноманітність продуктів дезінфекції та обмеженістю досліджень, проведених на цю тему. Кілька потенційних токсичних властивостей вищезгаданих сполук наведені в таблицях.

Потенційне накопичення побічні продукти дезінфекції ППД, якщо розглядати проблему, то баластна вода може стати найпоширенішим середовищем існування сполук, тоді як осадові відклади також мають потенціал для накопичення твердих сполук через зміни деяких факторів навколишнього середовища. Оскільки прибережні райони отримують велику кількість очищених баластних вод, які мають потенціал для накопичення твердих сполук, потенційне накопичення хлору у донних відкладеннях [9]. Однак дослідження з цього конкретного питання наразі обмежені.



Таблиця 3 - Потенційна токсичність побічних продуктів дезінфекції для водної екосистеми.

Метод	Реагенти/побічні продукти	Постраждале середовище/ організми	Потенційна токсичність
Хлорування	Галоорганіка Хлорорганіка Трихлорметан Тихлорацетонітрил Броморганічні речовини Трибромметан Хлорит Бромід ТНМ: тригало-метан, НАА: галооцтова кислота, МВАА: Монобромоецтова кислота, ТВАА - трибромоецтова кислота, ДВАН - дибромоецетонітрил. Дихлорбромметан Хлоралгідрат	Водні організми	Канцерогенність Несприятливі проблеми з репродуктивною функцією та розвитком Генотоксичність Баластні води, що скидалися, були визнані гостро токсичною для водоростей зі зниженням росту на 50%.
Хлорування Озонування	Галоаміди Галоацетонітрили Йодо-ТНМ	Млекопитаючі	Несприятливий вплив на здоров'я
Електрохімічні	Бромовані органічні сполуки	Водні організми	Трибромметан показав найвищий екологічний вплив на морські екосистеми.
Окислення	Бромована органічна сполука Йодооцтова кислота ДВАА: Дибромоецтова кислота, МСАА: Монохлороцтова кислота, ТСАА: Трихлороцтова кислота	Водні організми Млекопіючі	Мутагенність Токсичні для личинок декількох видів Оцінка ризиків показала, що обидві сполуки мають високий ризик для морської екосистеми. Клітинна цитотоксичність Генотоксичність



Хлорування, окислення та озонування висвітлюються серед найпоширеніших методів обробки баластних вод, що застосовуються в даний час.

Щоб зменшити потенційну токсичність ППД в портових районах, ММО вже встановила правила щодо проведення вивантаження баластних вод на відстані щонайменше 50 морських миль від найближчої морських миль від найближчої землі [9]. Однак такий підхід не зменшить кількість ППД, що потрапляють у морське середовище. Це регулювання лише запобігає подальшому забрудненню найближчої екосистеми людини, а не морської екосистеми.

Регламент може бути встановлений для конкретного методу обробки, що використовується, та часу зберігання, як факторів, що найбільше впливають на вивільнення ППД. Завдяки встановленню такого регулювання, потенційна токсичність побічних продуктів дезінфекції ППД з баластних вод може бути зменшена ще в джерелі. Відповідно до встановлення правил, що стосуються ППД, слід також керувати передовою обробкою в доці для видалення ППД. Відомо, що деякі технології, такі як адсорбція, мають хорошу ефективність у видаленні побічних продуктів дезінфекції з води [14]. Крім того, біологічний підхід з використанням мікробів, як екологічно чиста технологія, недорога в експлуатації та обслуговуванні, порівняно з іншими фізичними в експлуатації та обслуговуванні порівняно з іншими фізико-хімічними методами [8], можна дослідити з метою ефективного біологічного розкладання ППД, хоча цей метод може вимагати тривалого впровадження [17]. Впровадження цих технологій в якості передових методів вдосконаленої обробки баластних вод перед скиданням, можна значно зменшити потенційний вплив ППД на навколишнє середовище, і можна запобігти забрудненню морського середовища. Дослідження щодо інноваційних методів очищення баластних вод у доці також пропонується лазерний промінь можливість зменшити кількість життєздатних організмів у баластних танках, що має великий потенціал для зменшення утворення ППД. Вуглецеві нанотрубки та керамічні фільтри також можуть бути використані для інактивації організмів у баластній воді. Використання неокислювальних біоцидів, таких як нафтохінон, глутаральдегід і лізоглїцерофосфохолін, також може стати альтернативним варіантом для уникнення утворення ППД під час обробки докових баластних вод [17]. Перш ніж розробляти правила та вдосконалені методи обробки сполук, пов'язаних з ППД, необхідно провести дослідження екологічного аспекту скидання баластних вод у портах, що приймають баластні води, щоб отримати чіткі докази



обговорюваної теми [16]. Ці теми вважаються надзвичайно цікавими для подальшого дослідження і можуть зробити значний внесок у знання про забруднення баластних вод у портах і прискорити можливу рекультивацію забруднених ділянок.

Висновки

З огляду на сучасні знання та досвід, здається, що єдиним можливим способом задовольнити вимоги до регулювання рівня забруднення баластних вод, викладені в стандарті D-2, є використання систем очистки баластних вод. Незабаром очікується набуття чинності Конвенції УБВ, і це стане важливою рушійною силою для розвитку технологій очищення в усьому світі, оскільки після набуття нею чинності системи очистки баластних вод повинні бути встановлені на судах.

Для очищення баластних вод розглядається багато різних технологій. Однак, тільки комбінація різних технологій очищення, що призводить до щонайменше двоступеневого процесу очищення, поки що показала можливість очищення баластних вод до рівня до рівня, що вимагається стандартом D-2. Тому виробники систем обробки баластних вод розробили різні системи, що поєднують первинну і вторинну обробку на основі різних технологій.

З огляду на те, що хімічна обробка в даний час є найбільш використовуваною технологією очищення баластних вод, вивільнення тригалометану, галооцтової кислоти, монобромцтової кислоти, дихлороцтової кислоти, трихлороцтової кислоти, монохлороцтової кислоти, дибромцтової кислоти, трибромцтової кислоти, а також дибромцетонітрил виявлено в процесі дослідження зразків очищеної баластної води, що в свою чергу підтвержує потенційну токсичність, включаючи канцерогенність, генотоксичність, клітинну цитотоксичність та гостру токсичність для водних організмів. Можливі несприятливі наслідки для здоров'я тварин морського середовища. Дослідження, пов'язані з накопиченням потенційно токсичних сполук в очищених баластних водах в районах портів, що приймають в даний час обмежені. Майбутні напрямки досліджень пропонується зосередити на збільшенні концентрації ППД у воді та потенційному накопиченні в донних відкладеннях поблизу портів, що приймають судна, що в подальшому може призвести до шкідливого впливу на екосистему.