

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Факультет економіки та екології моря

Кафедра екології та природоохоронних технологій

« «Допущений до захисту»
Завідувач кафедри
 Трохименко Г.Г.
« 15 » 12 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему «**КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СУЧАСНИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА БОРТУ СУДНА**»

Виконав: студент 6271м групи

 Загоруйко Д.А.
(підпис)

Керівник: к.е.н., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

 Літвак О.А.
(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

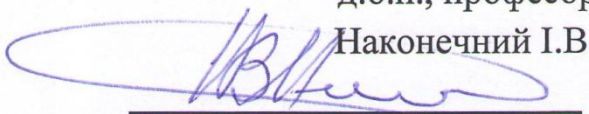
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Факультет економіки та екології моря

Кафедра _____ екології та природоохоронних технологій _____

Спеціальність 101 Екологія _____

Освітня програма «Екологія та охорона навколишнього середовища» _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми
д.б.н., професор
Наконечний І.В.

“ 15 ” 12 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту _____ Загоруйку Даніілу Андрійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Комплексна екологічна оцінка сучасних систем та технологій поведінки з відходами на борту судна»

Керівник роботи Літвак Ольга Анатоліївна, канд. екон. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № 1312-УЧ від « 31 » жовтня 2025 року

2. Термін подання роботи: 10.12.2025 р.

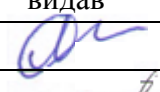
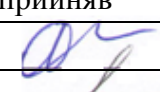
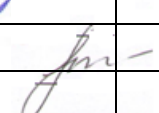
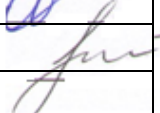
3. Вихідні дані по роботі: нормативно-законодавчі акти, технічна документація, методичні рекомендації, наукові публікації за темою дослідження.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

1. Теоретичні основи та нормативно-правове забезпечення поведінки з відходами на борту суден. 2. Аналіз існуючих систем та технологій поведінки з судовими відходами. 3. Визначення обсягів відходів, що утворюються на борту судна. 4. Впровадження сучасних технологій поведінки з відходами на борту судна та їх комплексна екологічна оцінка. 5. Економічні аспекти поведінки з судовими відходами. 6. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів: Презентація – 20 слайдів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

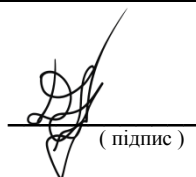
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5	Літвак О.А., к.е.н., доцент		
6	Маринець О.М., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 03.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

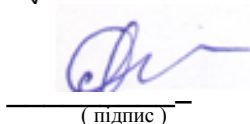
Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми кваліфікаційної роботи	03.09.2025	
2	Визначення мети, завдань, об'єкта та предмета дослідження	10.09.2025	
3	Складання плану, підбір і опрацювання списку використаних джерел	17.09.2025	
4	Написання Розділу 1	28.09.2025	
5	Написання Розділу 2	14.10.2025	
6	Написання Розділу 3	20.10.2025	
7	Написання Розділу 4	26.10.2025	
8	Написання Розділу 5	15.11.2025	
9	Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки	25.11.2025	
10	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	30.11.2025	
11	Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи	10.12.2025	
12	Захист кваліфікаційної роботи	23.12.2025	

Студент


(підпис)

Загоруйко Д.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Літвак О.А.
(прізвище та ініціали)

Анотація
до кваліфікаційної роботи «Комплексна екологічна оцінка сучасних систем та технологій поводження з відходами на борту судна»
студента Загоруйка Данііла Андрійовича

Метою кваліфікаційної роботи є проведення комплексної екологічної оцінки сучасних технологій поводження з відходами на борту суден і визначення найбільш безпечних та ефективних підходів для мінімізації їх негативного впливу на морські екосистеми.

Об'єкт дослідження – процеси та технології поводження з твердими, рідкими та небезпечними відходами на борту морських суден.

Предмет дослідження – екологічні наслідки застосування різних систем та технологій збору, зберігання, утилізації та переробки відходів на суднах і їх вплив на стан морських екосистем.

В роботі подано класифікацію відходів, що утворюються на борту судна, визначено джерела та обсяги утворення відходів у морському транспорті. Розглянута міжнародна нормативно-правова база, що регулює поводження з різними типами відходів на суднах. Проведено аналіз існуючих систем та технологій поводження з судовими відходами. Розглянуті термічні методи утилізації відходів на борту судна та біотехнології переробки органічних відходів на суднах. Подана коротка характеристика досліджуваного судна. Проведено аналіз джерел утворення відходів та вимоги до розміщення відходів на борту судна. Розраховано обсяг утворення відходів на борту судна. Вивчена технологія очищення судових стічних вод. Зроблена комплексна екологічна оцінка впливу систем поводження з відходами на морські екосистеми. Проведено розрахунок інтегрального екологічного індексу впливу систем та технологій поводження з відходами на довкілля. Визначені економічні аспекти ефективного управління відходами на суднах та проведена економічна оцінка ефективності. Розроблено заходи з охорони праці та техніки безпеки при роботі з інсинератором на борту судна.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел. Основний зміст викладено на 101 сторінці комп'ютерного тексту, у тому числі 15 рисунків, 24 таблиці. Список використаних джерел складається із 73 найменувань.

Ключові слова: відходи на борту судна, забруднюючі речовини, антропогенний вплив на морське середовище, технології поводження з відходами, очищення судових нафтовмісних вод, екологічна безпека.

Summary
to the qualification work «Comprehensive environmental assessment of modern
waste management systems and technologies on board a ship»
Zahoruiko Daniil

The purpose of the qualification work is a comprehensive environmental assessment of the impact of modern waste management technologies on board ships and the identification of the safest and most effective approaches to minimize their negative impact on marine ecosystems. The subject of the study is the processes and technologies for handling solid, liquid and hazardous waste on board seagoing vessels.

The subject of the study is the environmental impact of the use of various systems and technologies for the collection, storage, disposal and processing of waste on ships and their impact on the state of marine ecosystems.

The paper presents a classification of waste generated on board a ship, identifies the sources and volumes of waste generation in maritime transport. The international regulatory framework regulating the management of various types of waste on ships is reviewed. An analysis of existing systems and technologies for managing ship waste is conducted. Thermal methods for waste utilization on board a ship and biotechnologies for processing organic waste on ships are reviewed. A brief description of the vessel under study is provided. An analysis of waste generation sources and requirements for waste disposal on board a ship is conducted. The volume of waste generation on board a ship is calculated. The technology for treating ship wastewater is studied. A comprehensive environmental assessment of the impact of waste management systems on marine ecosystems is carried out. The integral environmental index of the impact of waste management systems and technologies on the environment is calculated. The economic aspects of effective waste management on ships are determined and an economic efficiency assessment is carried out. Occupational health and safety measures have been developed when working with an incinerator on board a ship.

The qualification work consists of an introduction, six chapters, conclusions, a list of used sources. The main content is presented on 101 pages of computer text, including 15 figures, 24 tables. The list of used sources consists of 73 items.

Keywords: shipboard waste, pollutants, anthropogenic impact on the marine environment, waste management technologies, treatment of oily bilge water, environmental safety.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА БОРТУ СУДЕН	11
1.1 Класифікація відходів, що утворюються на борту суден	11
1.2 Джерела та обсяги утворення відходів у морському транспорті	13
1.3 Міжнародна нормативно-правова база, що регулює поводження з різними типами відходів на судах	18
1.4 Національна нормативно-правова база, що регулює поводження з різними типами відходів на судах	23
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З СУДНОВИМИ ВІДХОДАМИ	25
2.1 Механічні технології збору та сортування відходів на борту судна	25
2.2 Термічні методи утилізації відходів на борту судна	29
2.3 Біотехнології переробки органічних відходів на судах	36
2.4 Технологія очищення судових нафтовмісних вод	40
2.5 Системи зберігання, пакування та передання відходів у портах	41
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ВІДХОДІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ НА БОРТУ СУДНА	44
3.1 Коротка характеристика досліджуваного судна	44
3.2 Джерела утворення відходів та вимоги до розміщення відходів на борту судна	45
3.3. Розрахунок обсягів утворення відходів на борту судна	50
РОЗДІЛ 4 ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА БОРТУ СУДНА ТА ЇХ КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА	64
4.1 Знешкодження відходів на судні шляхом спалювання в інсинераторі	64

4.2 Сепаратор нафтовмісних вод	66
4.3 Технологія очищення суднових стічних вод	72
4.4 Комплексна екологічна оцінка впливу систем поводження з відходами на морські екосистеми	78
4.5 Розрахунок інтегрального екологічного індексу впливу систем та технологій поводження з відходами на довкілля	82
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПОВОДЖЕННЯ З СУДНОВИМИ ВІДХОДАМИ	86
5.1 Економічні аспекти ефективного управління відходами на судах	86
5.2 Економічна оцінка ефективності	88
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	91
6.1 Основні положення	91
6.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі з інсинератором на борту судна	93
6.3 Розрахунок штучного освітлення приміщення машинного відділення судна	95
6.4 Заходи техніки безпеки при роботі з інсинератором на борту судна	97
ВИСНОВКИ	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	103

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасних умовах експлуатації суден проблема оброблення та утилізації відходів стає дедалі вагомішою. Зростання обсягів морських перевезень, збільшення кількості суден і їхній вплив на навколишнє середовище зумовлюють необхідність пошуку ефективних рішень з управління відходами. Забруднення світового океану пластиковими відходами, нафтопродуктами і стічними водами чинить серйозний вплив на екосистему, загрожуючи морській флорі та фауні.

Відходи суднової діяльності мають різноманітну природу: це харчові та побутові відходи, залишки мастильних матеріалів, шлам, баластні та лляльні води, відходи фарб і покриттів, а також небезпечні відходи, що містять токсичні та важкі метали. Потрапляння таких речовин у морське середовище навіть у невеликих кількостях може спричинити деградацію біорізноманіття, погіршення якості води та накопичення токсикантів у трофічних ланцюгах.

Міжнародна спільнота, усвідомлюючи масштаб проблеми, розробила низку регуляторних документів, серед яких ключову роль відіграє Міжнародна конвенція з попередження забруднення з суден (MARPOL 73/78), зокрема Додаток V, що встановлює вимоги до поводження з твердими відходами. Однак, попри наявність міжнародних і національних нормативних актів, проблема ефективної утилізації відходів на борту залишається актуальною через технічні, економічні та організаційні обмеження.

Сучасні системи та технології поводження з відходами на судах включають механічне сортування, термічну утилізацію (інсинератори, піролізні установки), біотехнології переробки органічних залишків, а також комбіновані схеми, що дозволяють зменшити обсяги відходів, які передаються на берегові приймальні споруди. Проте ефективність цих технологій варто оцінювати не лише за технічними параметрами, а й за екологічними критеріями, враховуючи повний життєвий цикл їх впливу на морські екосистеми.

Особливої актуальності набуває комплексний підхід до екологічної оцінки, що охоплює всі етапи – від утворення відходів до їх кінцевої утилізації

або переробки, включаючи потенційні ризики для гідробіонтів, забруднення води та донних відкладів, зміни у структурі біоценозів. Така оцінка дозволить обґрунтувати впровадження найбільш безпечних і ресурсоефективних технологій, що відповідають принципам екологічної безпеки та сталого розвитку морського транспорту.

Метою кваліфікаційної роботи є проведення комплексної екологічної оцінки сучасних технологій поводження з відходами на борту суден і визначення найбільш безпечних та ефективних підходів для мінімізації їх негативного впливу на морські екосистеми.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати види, обсяги та джерела утворення відходів на борту морських суден.
2. Розглянути міжнародне та національне нормативно-правове забезпечення процесів поводження з відходами.
3. Провести аналіз існуючих систем та технологій поводження з судовими відходами.
4. Виконати розрахунок обсягів відходів, що утворюються на борту досліджуваного судна під час його експлуатації.
5. Оцінити технічні характеристики та екологічну ефективність систем і технологій поводження з відходами на борту досліджуваного судна.
6. Провести комплексну екологічну оцінку впливу систем та технологій поводження з судовими відходами на морські екосистеми з урахуванням інтегральних показників.
7. Визначити оптимальні технологічні рішення з позиції екологічної безпеки та економічної доцільності.
8. Обґрунтувати практичні заходи щодо вдосконалення систем поводження з відходами на морському транспорті.
9. Проаналізувати економічні аспекти ефективного управління відходами на судах.
10. Розробити заходи з охорони праці та техніки безпеки.

Об'єкт дослідження – процеси та технології поводження з твердими, рідкими та небезпечними відходами на борту морських суден.

Предмет дослідження – екологічні наслідки застосування різних систем та технологій збору, зберігання, утилізації та переробки відходів на судах і їх вплив на стан морських екосистем.

Під час написання кваліфікаційної роботи застосовувалися такі методи дослідження:

1. Аналіз і синтез наукової та технічної літератури – для систематизації інформації про види суднових відходів, існуючі технології їх утилізації та екологічні наслідки.

2. Розрахункові методи визначення обсягів утворення відходів – застосування емпіричних формул, нормативів MARPOL та національних інструкцій для визначення кількості твердих, рідких та небезпечних відходів, що утворюються на борту судна залежно від їх типу, чисельності екіпажу, тривалості рейсу та характеру перевезень.

3. Порівняльний аналіз – для зіставлення технічних характеристик, екологічної ефективності та економічної доцільності різних систем та технологій поводження з відходами.

4. Метод екологічного аналізу – для прогнозування наслідків потрапляння відходів і продуктів їх утилізації в морське середовище та оцінки рівня небезпеки для біоти.

5. Метод розрахунку інтегрального екологічного індексу – для комплексної оцінки впливу технологій поводження з судновими відходами на морські екосистеми.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА БОРТУ СУДЕН

1.1 Класифікація відходів, що утворюються на борту суден

Діяльність морських суден у процесі виконання рейсів супроводжується утворенням широкого спектра відходів, що відрізняються за фізичними властивостями, хімічним складом, ступенем небезпеки та методами подальшої утилізації. Ефективна система їх збирання, зберігання та переробки можлива лише за умови чіткої класифікації, яка дозволяє обрати оптимальні технології поводження з кожним видом відходів та дотриматися вимог екологічної безпеки.

Відповідно до Міжнародної конвенції з попередження забруднення з суден (MARPOL 73/78), зокрема Додатка V, відходи з суден класифікують переважно за джерелами утворення та можливістю їх скидання у море. Однак у науковій та технічній практиці використовують розширену класифікацію, що враховує фізико-хімічні характеристики, рівень небезпеки та способи утилізації.

Класифікація за агрегатним станом:

1. Тверді відходи – побутові та господарсько-побутові відходи, харчові залишки, пакувальні матеріали (пластик, папір, картон, метал, скло), уламки деревини, текстиль.
2. Рідкі відходи – лляльні води, баластні води, залишки пального та мастильних матеріалів, стічні води, забруднені промивні рідини.
3. Газоподібні відходи – вихлопні гази від судових двигунів, газові викиди від процесів термічної утилізації відходів (інсинераторів, піролізних установок).

Класифікація за ступенем небезпеки:

1. Небезпечні відходи – містять токсичні, канцерогенні або інші шкідливі речовини: акумулятори, батареї, фарби та покриття з вмістом важких металів, люмінесцентні лампи, залишки хімікатів, шлам від очищення паливних систем.
2. Небезпечні в епідеміологічному відношенні – харчові відходи з міжнародних рейсів, відходи медичного призначення, сміття з карантинних зон.
3. Відносно безпечні відходи – папір, картон, дерево, скло, металобрухт, які не містять небезпечних домішок і можуть бути передані на переробку.

Класифікація за джерелом утворення на судні:

1. Відходи машинного відділення – шлам, лляльні води, відпрацьовані мастила, фільтри, промаслене ганчір'я.
2. Палубні відходи – пакувальні матеріали, залишки вантажів, уламки тари, сітки та канати.
3. Камбузні та побутові відходи – харчові залишки, органічні відходи, побутове сміття екіпажу та пасажирів.
4. Відходи вантажних операцій – залишки сипучих або рідких вантажів, промивні води після очищення танків і трюмів.
5. Відходи від ремонтних робіт – обрізки металу, фарби, зношені запчастини, зварювальні відходи.

Класифікація за можливістю скидання у море (відповідно до MARPOL Додаток V):

Дозволені до скидання у певних зонах і за певних умов (наприклад, харчові відходи подрібнені та скинуті на відстані понад 3–12 миль від берега, залежно від регіону).

Заборонені до скидання у море – пластик та будь-які синтетичні матеріали, небезпечні відходи, метал, скло, пакувальні матеріали, що можуть завдати шкоди морським організмам.

Класифікація за можливістю утилізації:

1. Вторинні матеріальні ресурси – відходи, придатні для повторного використання або переробки (металобрухт, склобій, папір, картон).
2. Відходи, що підлягають енергетичному використанню – органічні відходи, придатні для спалювання з утворенням теплової енергії.
3. Відходи, що потребують спеціальної утилізації – небезпечні та токсичні відходи, що мають передаватися на спеціалізовані берегові підприємства.

Таким чином, класифікація відходів на борту судна є багатовимірною і повинна враховувати не лише їх фізичний стан та хімічний склад, але й нормативні обмеження та потенційні шляхи утилізації. Це дозволяє обрати оптимальні методи збору, зберігання та переробки, мінімізувати екологічний вплив на морське середовище та забезпечити виконання міжнародних стандартів екологічної безпеки.

1.2 Джерела та обсяги утворення відходів у морському транспорті

Морський транспорт одним із перших зіткнувся з проблемою збереження чистоти Світового океану. Сучасні морські судна являють собою складні плавучі споруди з потужними енергетичними установками і системами, які в процесі роботи призводять до утворення різноманітних видів відходів.

Використання нафтопродуктів як палива і мастильних матеріалів супроводжується втратами у вигляді витоків з паливних і масляних систем, дрібних розливів під час ремонтних робіт, випадкових розливів під час заміни змащення, очищення фільтрів. Нафтові відходи зазвичай скупчуються в лялях машинного відділення, де перемішуються з водою, яка також потрапляє в лялі у зв'язку з витокami з водяних систем. Ляльні води періодично видаляють із суден. Неочищені ляльні води є одним із джерел забруднення моря. Морську воду використовують на судах для миття

вантажних і виробничих приміщень, механізмів і пристроїв. У цьому разі також можливе забруднення моря, оскільки води або водні розчини препаратів, що використовуються для миття, під час скидання в море можуть містити найрізноманітніші забруднювальні речовини в різних концентраціях і поєднаннях.

Води, використані і забруднені в процесі миття, називаються промивними.

Забортна вода необхідна судну і для використання як змінного баласту з метою забезпечення необхідних умов мореплавства.

Використання морської води для цілей баластування і миття вантажних ємностей спричиняє найбільш значне забруднення моря за наявних методів експлуатації транспортних суден.

Також морську воду використовують на судах для побутових і санітарно-гігієнічних потреб екіпажу та пасажирів. Забруднення морського середовища відбувається внаслідок скидання з суден побутових відходів, зайва присутність яких порушує кисневий баланс у морській воді. Ці відходи можуть містити різні хвороботворні мікроорганізми, хімічні мийні речовини та інші забруднювачі, небезпечні як для людини, так і для мешканців морського середовища.

Крім морської води судно споживає також атмосферне повітря для забезпечення горіння палива в судових енергетичних установках. У цьому разі відбувається теплове забруднення атмосфери, зумовлене викидом гарячих відпрацьованих і димових газів із судових двигунів і котлів, а також забруднення у вигляді викиду незгорілих часток палива і продуктів його згоряння, що несуть із собою різні шкідливі хімічні сполуки (окиси сірки, азоту, вуглецю, важких металів). Такі викиди розсіюються в атмосфері, осідають на поверхні води або розчиняються в ній.

Крім зазначених джерел забруднення морського середовища транспортними суднами, забруднення відбуваються також унаслідок надзвичайних обставин – під час аварій.

У таких випадках відбуваються забруднення, що спричиняють катастрофічні наслідки для тваринного і рослинного світу, морського середовища, а також завдають значних економічних збитків країнам, біля берегів яких сталося забруднення.

Схема утворення відходів, що забруднюють морське середовище під час експлуатації судна, представлена на рис. 1.1.

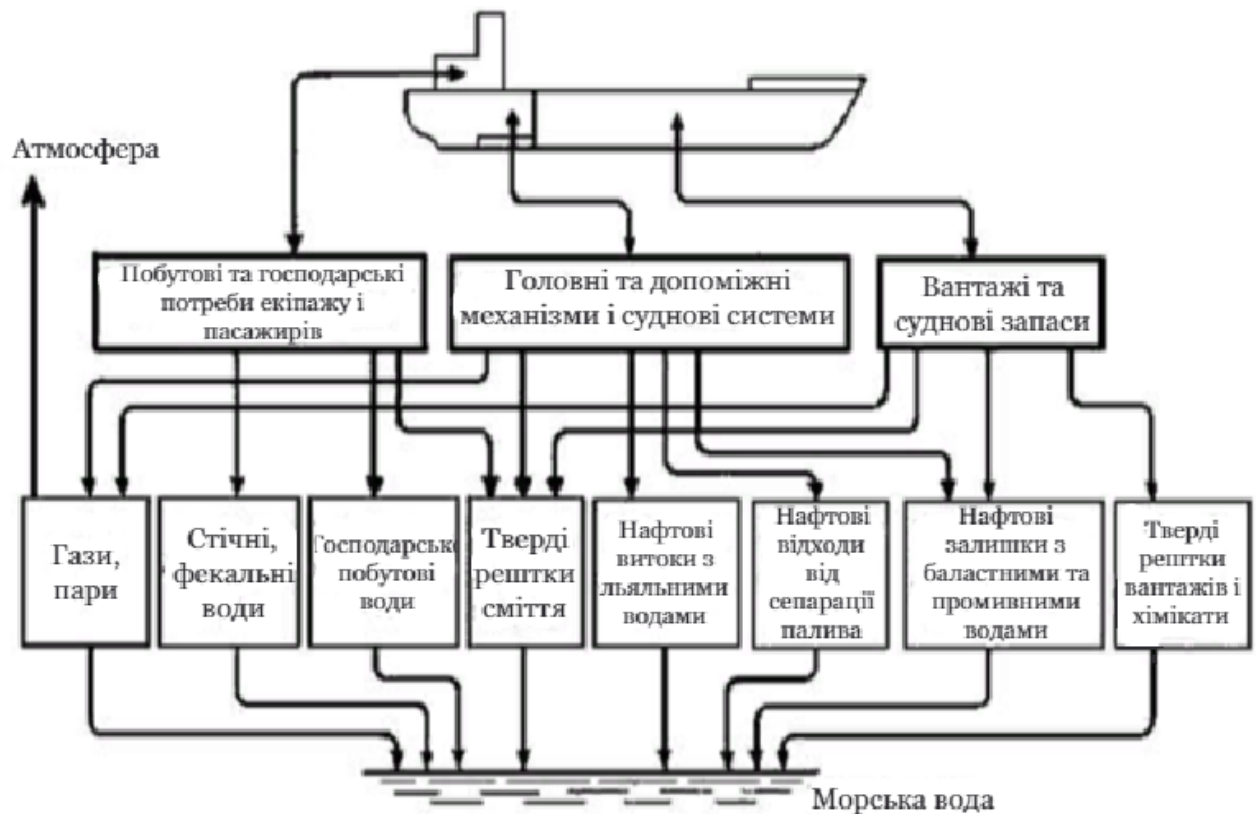


Рис. 1.1. Утворення відходів при експлуатації судна

Джерела утворення відходів на борту суден різноманітні та залежать від типу судна та специфіки його експлуатації. Нижче наведені основні джерела утворення відходів на борту суден.

Палубні та вантажні операції. Під час вантаження і розвантаження виникають пакувальні відходи, обривки строп, залишки тари, а також випадкові втрати вантажу. На танкерах і хімовозах додатково утворюються залишки вантажу та промивні води після очищення танків.

Камбуз і побутові приміщення. Харчові відходи (залишки їжі, шкірки овочів, кістки), пакувальні матеріали (пластик, картон, металеві банки), використані мийні засоби. Побутове сміття, що утворюється в каютах і службових приміщеннях.

Машинне відділення. Лляльні води, що містять суміш нафти, мастил і води. Шлам – залишки паливно-мастильних матеріалів, що накопичуються під час очищення палива. Використані фільтри, ганчір'я, мастильні матеріали.

Технічне обслуговування та ремонт судна. Відходи фарб, розчинників, абразивних матеріалів, зношені деталі, металобрухт. Небезпечні відходи, такі як відпрацьовані батареї, люмінесцентні лампи, хімічні реагенти.

Баластні операції. Баластні води, що містять мікроорганізми, зважені частинки та інвазійні види.

Системи енергозабезпечення та спалювання відходів. Вихлопні гази з двигунів і котлів, зола після роботи інсинераторів.

Обсяги утворення відходів на судах можуть істотно різнитися залежно від:

- типу судна (пасажирське, вантажне, танкер, риболовне);
- кількості екіпажу та пасажирів;
- тривалості рейсу;
- інтенсивності вантажних операцій;
- ефективності систем збирання, сортування та переробки відходів.

За даними Міжнародної морської організації (ІМО), середні показники утворення твердих побутових відходів на борту становлять:

- пасажирські судна – 3-4 кг/особу на добу;
- вантажні судна – 0,8-1,5 кг/особу на добу;
- риболовні судна – 1,0-1,8 кг/особу на добу.

Водночас утворення лляльних вод для великих суден може сягати 1–3 м³ на добу, а обсяг харчових відходів на пасажирських лайнерах – до 50–70 кг/добу залежно від кількості пасажирів та рівня сервісу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Основні джерела та орієнтовні обсяги утворення відходів на борту суден

Джерело утворення відходів	Вид відходів	Орієнтовний обсяг утворення*	Характеристика впливу на довкілля
Енергетичні установки	Шлам, залишки палива, сажа	0,01–0,05 м³/добу	Містять нафтопродукти та важкі метали, токсичні для гідробіонтів
Сектор життєзабезпечення екіпажу та пасажирів	Харчові відходи, побутове сміття (пластик, папір, скло)	0,5–1,5 кг/особу/добу	Органічне забруднення, утворення мікропластику
Вантажні операції	Залишки вантажу, тара, промивні води танків	0,1–0,5 м³/операцію	Можуть містити хімічні речовини, нафтопродукти
Системи обробки стічних вод	Лляльні води, санітарно-побутові стоки	0,05–0,2 м³/добу	Містять мікроорганізми, органічні речовини, нафтопродукти
Технічне обслуговування	Відпрацьовані мастила, фарби, батареї, люмінесцентні лампи	5–20 кг/місяць	Небезпечні відходи, містять важкі метали та токсичні сполуки
Системи спалювання відходів	Зола після роботи інсинераторів	-	Утворюються викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря

*Примітка: обсяги наведені орієнтовно та можуть значно варіювати залежно від типу судна, його розмірів та умов експлуатації.

Значні обсяги відходів, особливо небезпечних (нафтопродукти, хімічні речовини, пластик), створюють наступні екологічні ризики:

- забруднення морського середовища токсичними речовинами;
- погіршення якості води та донних відкладень;
- потрапляння мікропластику в харчові ланцюги;
- поширення інвазійних видів через баластні води;
- негативний вплив на здоров'я екіпажу та пасажирів.

Таким чином, визначення джерел та обсягів утворення відходів є важливим етапом для розробки ефективних технологій їхнього збирання, переробки та утилізації, а також для оцінки екологічного навантаження на морські екосистеми.

1.3 Міжнародна нормативно-правова база, що регулює поводження з різними типами відходів на судах

Тривале надходження відходів у водойми планети згубно позначається на її здоровому існуванні. З метою зниження шкідливого впливу людської діяльності на морське середовище зусиллями світового співтовариства було розроблено та затверджено законодавчу і нормативно-правову базу, що регулює поводження з різними типами відходів на судах.

До основних документів можна віднести такі:

- Конвенцію щодо запобігання забрудненню моря скидами відходів та інших матеріалів (Лондонська конвенція, 1972 р.);
- Конвенцію про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням (Базельська конвенція, 1992 р.);
- Міжнародну конвенцію із запобігання забрудненню із суден 1973 року, змінену Протоколом 1978 року до неї (МАРПОЛ 73/78).

Лондонська конвенція спрямована на контроль морських забруднень, спричинених скиданнями відходів та інших матеріалів. Додатки I і II Лондонської конвенції містять переліки матеріалів, скидання яких із суден заборонено або обмежено.

Базельська конвенція регулює транскордонне перевезення небезпечних відходів і передбачає зобов'язання сторін щодо забезпечення належної організації екологічно нешкідливої утилізації відходів. У Додатках до Базельської конвенції наведено переліки категорій відходів, для яких потрібні спеціальні заходи контролю, включно з операціями з утилізації.

З вищеназваних документів особливий інтерес представляє Конвенція МАРПОЛ 73/78, націлена на запобігання забрудненню довкілля під час експлуатації суден. Конвенція виділяє «спеціальні зони» і встановлює умови утилізації та скидання відходів з морських суден на цих ділянках.

Додатки до Конвенції МАРПОЛ 73/78 визначають нормативи і порядок утилізації або інших способів запобігання забрудненню морів нафтовмісними відходами, шкідливими рідкими речовинами, стічними водами і сміттям (табл.

1.2). При цьому Додаток VI встановлює вимоги і до повітряних викидів, що важливо з огляду на різний характер процесів, здійснюваних на судах.

Таблиця 1.2. Визначення термінів відповідно до міжнародного законодавства
International Convention for Prevention of Pollution from Ships, 1973/78 –
MARPOL

Термін	Визначення
Шкідлива речовина	будь-яка речовина, яка в разі потрапляння в море здатна створити небезпеку для здоров'я людей, заподіяти шкоду живим ресурсам, морській флорі та фауні, порушити природну привабливість моря як місця відпочинку або зашкодити іншим видам правомірного використання моря, і включає будь-яку речовину, що підпадає під дію цієї Конвенції
Скидання	стосовно шкідливих речовин або стоків, що містять такі речовини, означає будь-який викид із судна, якими б причинами він не спричинявся, і охоплює будь-який витік, видалення, розлив, протікання, відкачування, викидання або спорожнення.
Нафта	нафту в будь-якому вигляді, включно із сировою нафтою, рідким паливом, нафтовмісними опадами та очищеними нафтопродуктами (які не є нафтохімічними речовинами, які підпадають під дію положень Додатка II до цієї Конвенції), а також включає, не обмежуючи загального характеру вищезазначеного, речовини, перелічені в Додатку I до цього Додатка
Нафтовмісна суміш	суміш із будь-яким вмістом нафти
Сміття	Усі види харчових, побутових і експлуатаційних відходів, усі види пластмас, залишки вантажу, зола з інсинераторів, кулінарний жир, знаряддя лову і туші тварин, що утворюються в процесі нормальної експлуатації судна і підлягають постійному або періодичному видаленню, за винятком речовин, визначення або перелік яких наведені в інших Додатках до цієї Конвенції. Сміття не охоплює свіжу рибу та її залишки, що утворюються в результаті промислових операцій під час рейсу або в результаті діяльності, пов'язаної з аквакультурою, до якої належить перевезення риби, включно з молюсками і ракоподібними, для розміщення на об'єкті аквакультури, а також перевезення добутої риби, включно з молюсками і ракоподібними, з таких об'єктів на берег для переробки..
Стічні води	стоки та інші відходи з усіх типів туалетів і пісуарів; стоки з медичних приміщень (амбулаторій, лазаретів тощо) через розташовані в таких приміщеннях раковини, ванни і шпігати; стоки з приміщень, у яких утримують живих тварин; інші стічні води, якщо їх змішано з переліченими вище стоками
Рідкі речовини	речовини, тиск парів яких не перевищує 2,8 кг/см ² за температури 37,8°C
Зола з інсинераторів	зола і шлак із судових інсинераторів, що використовуються для спалювання сміття.

Виділяють такі основні групи відходів: харчові відходи; побутові відходи; пластмасові вироби; нафтовмісні відходи; відходи від технічного обслуговування судна.

Побутові відходи на суднах піддаються утилізації відповідно до нормативів, наведених у Додатку V Конвенції МАРПОЛ 73/78. На підставі цього Додатка сміття на суднах збирають роздільно з метою спрощення процесу його знищення. Побутові відходи підлягають постійному або періодичному видаленню. Скидання побутових відходів у море дозволено за межами 12 миль на ходу судна поза особливими районами, а сепараційні, обшивальні та пакувальні матеріали дозволено до скидання за межами зони в 25 миль.

Матеріали для обшивальних і пакувальних робіт, усілякі ємності та вироби з матеріалів, що не містять шкідливих речовин (скло, кераміка, папір, текстиль), які втратили свої функції для екіпажу через різні події, належать до групи побутових відходів.

Харчові відходи на суднах можуть бути представлені продовольчими продуктами (овочі, м'ясні та молочні продукти, фрукти тощо), а також іншими матеріалами, які містять подібні відходи й утворюються на судні в місцях приготування та приймання їжі. Харчові відходи мають накопичуватися окремо від решти сміття і підлягають скиданню в особливих районах після подрібнення відповідно до вимог МАРПОЛ 73/78 (Додаток V).

Водночас низка держав, зважаючи на свої особливі вимоги та правила контролю поширення захворювань як людини, так і флори та фауни, вимагає додаткового оброблення харчових відходів з метою знищення хвороботворних організмів.

Пластмасові вироби категорично заборонено скидати в море в будь-яких зонах. Подібного роду сміття, а саме: пакувальні матеріали на основі полімерів, елементи суднових конструкцій, рибальські приналежності тощо, необхідно збирати окремо від інших відходів у спеціально відведені місткості і здавати в портах або піддавати спалюванню.

Нафтовмісні відходи та відходи від технічного обслуговування судна (палубне сміття, обтиральні відходи, ганчір'я тощо) також заборонені до скидання і мають збиратися в окремі контейнери.

Факт відповідності судна вимогам Міжнародної конвенції із запобігання забрудненню із суден (МК МАРПОЛ 73/78) підтверджується наявністю на судні відповідного міжнародного сертифіката:

- Oil Pollution Certificate – про відповідність вимогам додатка 1 до МК МАРПОЛ 73/78 – у частині забруднення нафтовмісними, зокрема льяльними водами машинного відділення;

- Sewage Pollution Certificate – про відповідність вимогам додатка 4 до МК МАРПОЛ 73/78 – у частині забруднення стічними водами із суден, зокрема фекальними та санітарними водами;

- Garbage Pollution Certificate – про відповідність вимогам додатка 5 до МК МАРПОЛ 73/78 - у частині забруднення сміттям із суден.

З 1 січня 2013 р. набув чинності МЕРС.201(62). Відповідно до цього документа відходи на судні повинні роздільно збиратися за такими категоріями:

- побутові (папір та його продукти, текстиль (ганчір'я), скляні вироби, метал, пляшки, глиняний посуд тощо);

- харчові;

- експлуатаційні;

- кулінарний жир (рослинного і тваринного походження);

- кістки та туші тварин;

- пластмаси та вироби з них;

- зола інсинераторів;

- вантажні залишки;

- рибальські снасті та їх залишки.

Поділ сміття спричинений різними вимогами щодо поводження з кожним із видів. Повністю заборонено скидання в море всіх пластмас, синтетичних тросів, рибальських сіток і пластикових мішків для сміття (табл. 1.3). У разі змішування відходів різних груп під час одноразового скидання встановлено найжорсткіші вимоги.

Таблиця 1.3 Вимоги до скидання відходів у море

Тип сміття	Усі судна за винятком платформ		Морські платформи, розташовані на відстані понад 12 миль від найближчого берега і суден, що на відстані близько 500 метрів від таких платформ. Правило 6
	Поза особливими районами та Арктичними водами Правило 4 (Відстань від найближчого берега)	В особливих районах і Арктичних водах правило 6 (Відстані від найближчого берега, шельфового льодовика або найближчого припою)	
Подрібнені або розмелені харчові відходи	Скидання дозволяється 3 миль в дорозі або якнайдалі	Скидання дозволяється 12 миль у дорозі або якнайдалі	Скидання дозволяється
Не подрібнені або розмелені харчові відходи	Скидання дозволяється 12 миль у дорозі або якнайдалі	Скидання забороняється	Скидання забороняється
Залишки вантажу, що не містяться в промивній воді	Скидання дозволяється 12 миль у дорозі або якнайдалі	Скидання забороняється	Скидання забороняється
Залишки вантажу, що містяться в промивній воді		Скидання дозволяється 12 миль у дорозі або якомога далі (за умов дотримання умов, зазначених у правилі 6.1.2 і пункті 5.2.1.5 частини 2-А Полярного кодексу)	
Мийні засоби та присадки, що містяться в промивній воді вантажних трюмів	Скидання дозволяється	Скидання дозволяється 12 миль у дорозі або якомога далі (за умов дотримання умов, зазначених у правилі 6.1.2 і пункті 5.2.1.5 частини 2-А Полярного кодексу)	Скидання забороняється
Мийні засоби та присадки, що містяться в промивній воді палуб і зовнішніх поверхонь		Скидання дозволяється	
Тушки тварин (мають бути розділені або оброблені іншим чином, щоб туша повністю потонула)	Скидання дозволяється Судно має бути в дорозі або якомога далі від найближчого берега. Має бути >100 миль і максимальна глибина	Скидання забороняється	Скидання забороняється
Усе інше сміття, включно з пластмасами, синтетичними канатами, зброєю лову, пластиковими мішками для сміття, золою і шлаком з інсинератора, кулінарним жиром тощо.	Скидання забороняється	Скидання забороняється	Скидання забороняється

Додаток VI МАРПОЛ з урахуванням вимог енергоефективності суден обмежує викид оксидів азоту (NO_x) і вміст сірки в судновому паливі до 4,5 %. У встановлених районах контролю викидів оксидів сірки (SO_x) регламентовано вміст сірки в судновому рідкому паливі, він не повинен перевищувати 0,1 %. Для зниження зазначеного показника до величини 6,0 г SO_x /кВт-год і менше рекомендовано застосування систем очищення ОГ ДВЗ допоміжних і головних енергетичних установок. Стоки від використання такого обладнання також контролюються. Передбачено застосування систем збору та контролю викиду парів під час вантажних і бункерувальних операцій на судах і терміналах, що обмежують емісію летких органічних сполук.

Навмисний викид в атмосферу озоноруйнівних речовин заборонено. З 1 січня 2020 р. заборонено експлуатацію установок, що містять фреони, проте граничні фторхлорвуглеводні (CFC) і галогени заборонені на всіх судах. Забруднені пакувальні матеріали та речовини, що містять поліхлорбіфеніли, заборонені до спалювання в судових інсинераторах. У Єдиній європейській економічній зоні відбувається постійне посилення вимог до газових емісій.

1.4 Національна нормативно-правова база, що регулює поводження з різними типами відходів на судах

Основними нормативно-правовими документами України, що регламентують охорону навколишнього середовища на морі та на інших водних об'єктах в частині поводження з відходами, є Закон України «Про охорону навколишнього середовища», «Водний кодекс України», «Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року», Закон України «Про управління відходами», а також ДСанПІН 199-97 «Державні санітарні правила і норми скидання з суден стічних, нафто утримуючих, баластних вод і сміття у водоймища».

Згідно ДСанПІН 199-97 передбачені нижче наведені заходи щодо переробки та видалення судового сміття.

Для запобігання скиданню сміття в заборонних зонах на судні повинні виконуватися такі заходи: накопичення сміття передбачати в контейнери або мішки чи вбудовані місткості, у спеціальні контейнери з підпресуванням, в контейнери з попереднім подрібненням, брикетуванням при високому тиску та температурі, з одночасним знезараженням;

У межах внутрішніх та територіальних вод України скидання всіх видів сміття з суден, в тому числі подрібненого, забороняється.

Заборонено скидати в море всі види пластмас, включаючи синтетичні троси, риболовні сіті і пластмасові мішки для сміття.

Скидання сміття, що плаває (сепараційні, обшивні і пакувальні матеріали), можливе на відстані не менше 25 миль від найближчого узбережжя.

Скидання харчових відходів та іншого сміття, включаючи вироби із паперу, брукт, скло, пляшки, черепки, можливе лише не ближче ніж за 12 миль до найближчого узбережжя.

Скидання в особливих районах всіх видів сміття, перелічених вище, заборонено.

В окремих випадках, коли судно знаходиться в районах, де скидання сміття в море заборонено, або під час стоянки в порту, що не має можливості прийняти сміття з судна, а саме: на судні відсутнє устаткування для знищення сміття на борту, для видалення його необхідно вийти за межі забороненої зони і скинути його відповідно до вимог Правил.

Адміністрація судна повинна постійно стежити за технічним та санітарним станом устаткування і обладнання для збирання, зберігання та обробки сміття, а також стежити за своєчасним його видаленням з судна.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З СУДНОВИМИ ВІДХОДАМИ

2.1 Механічні технології збору та сортування відходів на борту судна

Організація екологічно безпечного поводження з відходами на борту судна починається із їх своєчасного збирання та сортування. На сучасних морських і річкових суднах упроваджуються механічні технології, які забезпечують ефективне розділення різних потоків відходів відповідно до вимог Міжнародної конвенції MARPOL 73/78 та національного законодавства.

Збір відходів. Для зручності та дотримання санітарних норм на судні облаштовуються контейнери різної місткості (металеві, пластикові, із захисними кришками), які встановлюються в місцях найбільшого утворення відходів: на камбузі, у їдальні, в машинному відділенні, майстернях, інсинераторній, приміщенні кондиціонера, офісі та на відкритих палубах. Загальна місткість контейнерів повинна бути достатньою для накопичування побутових, харчових та інших відходів до їх подальшої обробки.

Система збору передбачає:

- герметичне зберігання харчових відходів у спеціальних контейнерах для запобігання поширенню запахів та залученню гризунів чи комах;
- окремий збір небезпечних відходів (акумулятори, люмінесцентні та світлодіодні лампи, використані мастила, лабораторні відходи), які підлягають передачі береговим приймальним спорудам;
- перевезення контейнерів за допомогою візків, підйомних пристроїв або вручну залежно від маси та розташування відсіків.

Сортування відходів. Механічні технології сортування ґрунтуються на попередньому розділенні відходів за їх фізико-хімічними властивостями. На борту застосовуються такі методи:

- ручне сортування ТПВ екіпажем із відокремленням скла, металів, пластику та паперу;
- використання подрібнювачів харчових відходів, які дозволяють зменшити об'єм перед скиданням у море (за межами спеціальних зон і на дозволеній відстані від берега) або утилізацією в інсинераторі;
- подрібнення скляних пляшок і тари за допомогою спеціальних дробарок, що зменшує об'єм відходів у 3–4 рази;
- застосування компакторів та пресів для ущільнення паперу, картону та пластикової тари, що забезпечує економію місця у контейнерах і на складах;
- центрифуги та сепаратори для механічного розділення нафтовмісних вод, що дозволяє відділяти вуглеводневу фракцію та зменшувати обсяг небезпечних залишків (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Механічні технології збору та сортування відходів на борту судна

Вид відходів	Механічна технологія	Призначення	Особливості застосування на судні
Харчові відходи	Подрібнювачі харчових відходів	Зменшення об'єму, підготовка до утилізації	Використовуються на камбузі, допускається скидання подрібнених відходів у море за межами спеціальних зон на відстані >12 миль
Скло (пляшки, тара)	Дробарки для скла	Подрібнення до фракцій, зменшення об'єму в 3–4 рази	Полегшують зберігання та транспортування, передаються на берегові підприємства для переробки
Пластик, папір, картон	Преси та компактори	Ущільнення та зменшення об'єму	Дозволяють економити місце у контейнерах та трюмах
Тверді побутові відходи (ТПВ)	Ручне сортування екіпажем	Відокремлення скла, металів, паперу, пластику	Вимагає чіткого маркування контейнерів та інструктажу екіпажу
Нафтовмісні води та залишки	Центрифуги, сепаратори	Відділення вуглеводнів від води	Застосовуються у машинному відділенні, відповідають вимогам MARPOL
Металобрухт, використані фільтри	Ручне сортування, пресування	Зменшення об'єму, підготовка до здачі на берег	Накопичуються в спеціально відведених контейнерах
Небезпечні відходи (лампи, батареї, лабораторні)	Окремий збір у герметичних контейнерах	Запобігання забрудненню та поширенню токсичних речовин	Забороняється подрібнювати чи пресувати, передаються лише береговим приймальним споруда

Важливим елементом системи механічної обробки відходів на борту судна є застосування подрібнювачів сміття. Вони використовуються переважно для харчових відходів, скла, пластику та деяких видів побутових відходів. Подрібнення дозволяє значно зменшити об'єм сміття, полегшує його накопичення у спеціально відведених контейнерах і знижує ризик неприємних запахів у приміщеннях. Для харчових відходів подрібнювачі встановлюються, як правило, у камбузах і з'єднані з системами збору та накопичення (наприклад, до цистерни збору стічних вод). Подрібнене сміття легше транспортувати та зберігати до моменту його утилізації або передачі на берег. Після виходу судна з порту за 12-мильну зону подрібнені відходи разом зі стічними водами відкачуються за борт.

Не менш важливу роль відіграють преси та компактори, які застосовуються для ущільнення паперу, картону, пластику, тари та інших легких відходів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Варіанти пресування судових відходів

Типові приклади	Спеціальна обробка персоналом судна до пресування	Характеристика пресування			Суднове приміщення для зберігання
		Темп деформації	Збереження пресованої форми	Щільність спресованої форм	
Метал, контейнери для харчових продуктів і напоїв, скло, невеликі предмети з деревини	Ні	Дуже швидко	Майже 100 %	Висока	Мінімальна
Подрібнена пластмаса, фібровий і паперовий картон	Невелика - зменшення матеріалу до розмірів, за яких він підлягає подачі, мінімальна ручна праця	Швидкий	Приблизно 80 %	Середня	Мінімальна
Металеві бочки малих розмірів, неподрібнене пакування вантажу, великі предмети з деревини	Середня - більш тривала ручна праця для зменшення матеріалу до розмірів, за яких він підлягає подачі	Повільний	Приблизно 50%	Порівняно низька	Середнє

Неподрібнена пластмаса	Значна - дуже тривала ручна праця для зменшення матеріалу до розмірів, за яких він підлягає подачі; зазвичай не практикується	Дуже повільний	Менше 10%	Дуже низьке	Максимальне
Громіздкі металеві вантажні контейнери, щільні металеві предмети	Пресування на борту судна не практикується, не здійсненне	Не застосовується	Не застосовується	Не застосовується	Максимальне

Використання пресів дозволяє зменшити об'єм відходів у 4-6 разів, що суттєво економить простір на судні, де площі для зберігання обмежені. Ущільнені брикети чи пакети з відходами зручно транспортувати, вони не займають багато місця і можуть зберігатися протягом тривалого часу без значного ризику вторинного забруднення.

Застосування механічних технологій збору та сортування відходів на борту судна, зокрема подрібнювачів сміття та пресів (компакторів), є важливим елементом системи екологічної безпеки морського транспорту. Подрібнювачі забезпечують зменшення розмірів та об'єму відходів, що полегшує їх подальше накопичення, транспортування та утилізацію. Преси, у свою чергу, дозволяють багаторазово скоротити об'єм легких відходів, оптимізуючи використання обмежених площ для їхнього зберігання. У комплексі це забезпечує раціональне поводження з відходами, знижує ризик вторинного забруднення та сприяє відповідності вимогам міжнародних конвенцій, зокрема MARPOL 73/78.

Переваги механічних технологій наступні:

- зменшення обсягів накопичення відходів та ефективне використання обмежених площ судна;
- забезпечення попереднього сортування, що спрощує подальшу утилізацію або здачу на берег;
- відповідність вимогам міжнародних екологічних стандартів;
- підвищення безпеки екіпажу за рахунок ізоляції небезпечних і токсичних відходів.

Слід зазначити, що механічні технології збору та сортування потребують регулярного контролю екіпажу, належного маркування контейнерів, дотримання графіка вивезення відходів та справності обладнання (подрібнювачів, пресів, сепараторів). Недотримання цих умов може призвести до порушення санітарних норм і збільшення ризиків забруднення довкілля.

2.2 Термічні методи утилізації відходів на борту судна

Термічні методи утилізації відходів займають особливе місце у системі екологічної безпеки морських суден. Вони базуються на процесі високотемпературного впливу на відходи з метою їх знешкодження, зменшення обсягів, знезараження та отримання залишкових продуктів, безпечних для подальшого зберігання чи видалення. Головною перевагою таких методів є значне скорочення об'єму відходів (до 90–95 %) та можливість утилізації відходів різного походження без необхідності їхнього тривалого накопичення на борту.

Основним обладнанням для реалізації термічної утилізації на борту суден є суднові інсинератори. Вони призначені для спалювання побутових відходів, залишків харчових продуктів, нафтовмісних відходів, відпрацьованих мастил та інших видів сміття, що не підлягають переробці чи повторному використанню. Згідно з вимогами MARPOL 73/78 (Додаток V та VI), суднові інсинератори повинні мати міжнародне сертифіковане свідоцтво відповідності та забезпечувати дотримання граничних викидів у атмосферу. В інсинераторах, що мають зазначене свідоцтво, дозволено часткове спалювання пластику (наприклад, паперу – 30%, картону – 40%, дрантя – 10%, пластику – 20%. Зола, що утворюється внаслідок спалювання сміття, являє собою знезаражене сміття, і воно скидається за борт на відстані понад 12 морських миль від найближчого берега за межами особливих районів за винятком золи пластмас, що може містити залишки токсичних речовин і важких металів. Така зола зберігається на борту і здається на берегові або плавучі споруди.

Під час спалювання сміття забороняється завантажувати в інсинератори велику кількість промасленого ганчір'я та пластику, оскільки це може призвести до різкого підвищення температури в реакторі та підвищеної димності відхідних газів, тому слід звернути увагу на використання інсинераторів у портах. Так, наприклад, у територіальних водах країн -учасниць Конвенції ХЕЛКОМ 92 в районі Балтійського моря забороняється будь-яке спалювання відходів, що утворилися на борту судна.

Принцип роботи інсинератора наступний:

1. Завантаження відходів. У спеціальну камеру подаються відходи – тверді побутові, харчові залишки, нафтовмісні відходи, відпрацьовані мастила та фільтри.

2. Подача палива та повітря. Для підтримання процесу згоряння використовується рідке паливо або газ, а також система примусової подачі повітря.

3. Основне згоряння. Відходи під дією високої температури (850–1200 °C) піддаються термічному розкладу. Органічні речовини повністю окислюються до вуглекислого газу та водяної пари.

4. Допалювання газів. Для зменшення викидів токсичних сполук інсинератори обладнані камерою вторинного згоряння, де при ще вищій температурі (до 1200 °C) відбувається повне допалювання летких органічних сполук.

5. Очищення та відведення димових газів. Через систему димовідведення продукти згоряння викидаються в атмосферу. Часто вони проходять через фільтри або систему допалювання для зниження токсичності.

6. Утилізація залишків. Після процесу спалювання утворюється невелика кількість золи та шлаків (5–10 % від початкової маси відходів), які збираються в окремий контейнер і підлягають передачі на берегові приймальні споруди.

Попри високу ефективність спалювання, інсинератори можуть бути джерелом викидів шкідливих речовин у атмосферу:

- оксиди азоту (NO_x) – утворюються внаслідок високотемпературного згоряння. Закис азоту є парниковим газом та сприяє утворенню кислотних дощів;
- оксиди сірки (SO_x) – виникають при спалюванні нафтовмісних відходів, залишків палива та мастил; чинять негативний вплив на довкілля та здоров'я людини;
- оксид вуглецю (CO) – продукт неповного згоряння органічних речовин;
- діоксини та фурани – особливо небезпечні токсичні сполуки, що можуть утворюватися при спалюванні хлорвмісних відходів (наприклад, пластмас). Вони є стійкими органічними забруднювачами;
- тверді частки (сажистий пил, зола) – містять важкі метали та залишки незгорілих речовин;
- вуглекислий газ (CO_2) – основний продукт згоряння, що є парниковим газом (табл. 2.3).

Таблиця 2.3. Шкідливі речовини у викидах судових інсинераторів

Речовина / група сполук	Джерело утворення	Вплив на довкілля	Вплив на здоров'я людини
Оксиди азоту (NO_x)	Високотемпературне згоряння відходів	Сприяють утворенню кислотних дощів, фотохімічного смогу	Викликають подразнення дихальних шляхів, знижують функцію легень
Оксиди сірки (SO_x)	Спалювання нафтовмісних відходів, мастил, палива	Кислотні дощі, деградація ґрунтів і водних екосистем	Бронхіти, астма, подразнення слизових оболонок
Оксид вуглецю (CO)	Неповне згоряння органічних відходів	Знижує концентрацію кисню в повітрі	Отруйний газ, викликає гіпоксію, головний біль, запаморочення
Діоксини та фурани	Спалювання хлорвмісних пластмас та органічних речовин	Стійкі органічні забруднювачі, накопичуються в біосфері	Канцерогенні, впливають на імунну та репродуктивну системи
Тверді частки (зола, сажа, пил)	Незгорілі залишки, важкі метали	Осідають на ґрунтах і водних поверхнях, накопичуються у харчових ланцюгах	Викликають респіраторні захворювання, можуть містити токсичні метали
Вуглекислий газ (CO_2)	Основний продукт згоряння органічних речовин	Парниковий ефект, глобальне потепління	Не токсичний у звичайних концентраціях, але погіршує якість повітря в закритих приміщеннях

Згідно з Додатком VI MARPOL, робота суднових інсинераторів суворо регламентується. Забороняється спалювання:

- ПВХ-вмісних пластмас та інших матеріалів, здатних утворювати діоксини;
- балонів із стисненими газами;
- стічних вод та мулу з очисних установок;
- вантажних залишків, що містять токсичні речовини.

Сучасні інсинератори обладнуються автоматизованими системами контролю температури та кисню, що дозволяє зменшити утворення небезпечних викидів і забезпечити екологічну безпеку експлуатації.

Серед великої різноманітності суднових інсинераторів найбільшою популярністю користуються такі: Hansun HSINC-18 (Китай); VTH-30 (Японія); інсинератори TeamTec моделей OG, GS, Logi (Норвегія).

Сміттєспалювальні печі від TeamTec – це ідеальне рішення для переробки відходів на борту суден, морських платформ і берегових об'єктів. Широкий асортимент моделей і версій охоплює потужності до 1500 кВт.

TeamTec GS-500. Установка складається з двох камер, що утворюють так звану напівпіролізну систему (рис. 2.1). Ліва камера 1 призначена для спалювання сміття, права 2 – для спалювання шламу. Вона обладнана паливною і шламовою форсунками, з'єднаними в спеціальний топковий пристрій (на малюнку не показано) і газоходом 4. Вентилятор, що приєднується до газоходу, створює в камерах необхідне розрідження. Займання відходів здійснюється за рахунок теплового випромінювання від топкового пристрою.

Тверді відходи завантажуються через приймальний поворотний люк 3 після того, як температура в печі досягне заданого значення. Колосникова решітка 7, на яку потрапляють відходи, має пристрій, що забезпечує більш ефективне їх згоряння. Потік газів, що відходять від спалюваних відходів, надходить у вторинну камеру, де відбувається їх допалювання, а також незгорілих частинок відходів. Пройшовши зону пальника, потік димових газів змішується з потоком охолоджувального повітря і потім викидається в димохід

вентилятором рециркуляції. У газоході між камерою згоряння і вентилятором є шибер (заслінка). Процес горіння (кількість повітря, що подається) регулюється положенням заслінки.

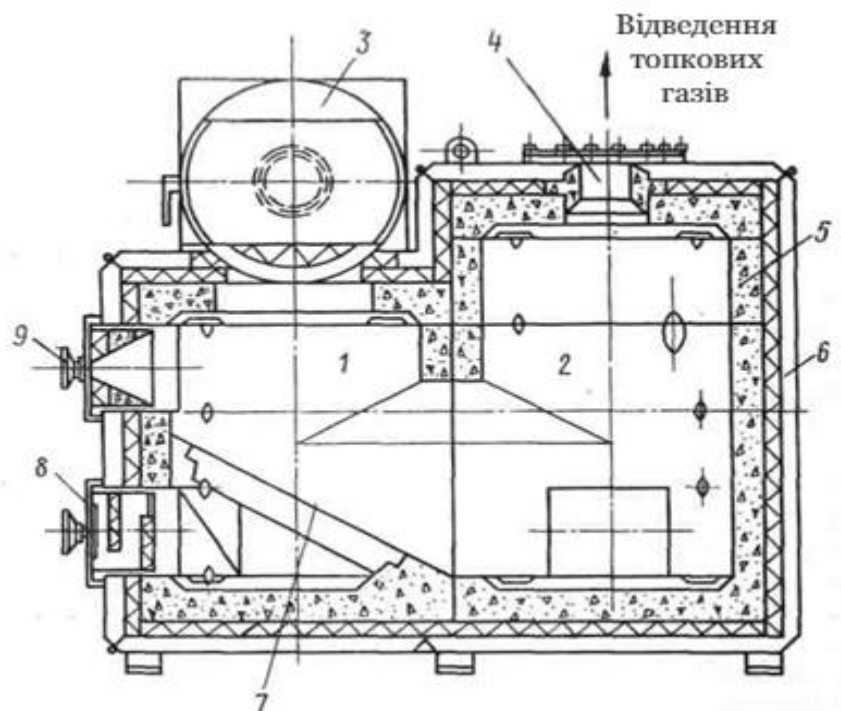


Рис. 2.1. Принципова схема інсинератора TeamTec GS-500

Камери згоряння являють собою сталеві конструкції з обмурівкою зі шлако- і вогнетривких блоків 5. Обмуровання має модульну конструкцію, що дає змогу змінювати окремі блоки. Внутрішній бік сталевих камер покритий шаром ізоляції. Між подвійними листами сталі знаходиться повітряна охолоджувальна сорочка 6. Камери згоряння мають круглу форму і з'єднані між собою отвором у районі днища.

Ємність приймального простору близько 125 л. На лицьовій стороні установки на дверцятах 9 передбачено оглядове скло, що дає змогу механіку контролювати кількість завантажених у камеру відходів і спостерігати за роботою системи. У нижній частині розташовані дверцята 8 для видалення золи і шлаку.

Топковий пристрій складається з форсунки з двома соплами. Продуктивність 14...28 л/год. Шламова форсунка також вмонтована в топковий

пристрій і складається з двох труб. Внутрішня труба призначена для підведення шламу. Діаметр її каналу дорівнює 8 мм. Зовнішня труба служить для підведення пари, яку використовують для розпилювання і частково – для підігріву шламу. Топковий пристрій розташований таким чином, щоб найефективніше використовувати факели горіння. У цьому інсинераторі завихрені факели спочатку прямують до днища, звідки піднімаються в центральній зоні камери згоряння і лише потім прямують до газоходу.

Охолоджувальне повітря, що змішується з димовими газами на виході з камери, засмоктується з нижньої частини кожуха камери і знижує температуру газів, що відходять, до рівня, що не перевищує 400 °С. Процес спалювання автоматично контролюється спеціальною програмою. Для контролю горіння використовується фотоелектричний датчик.

Інсинератор VTH-30 (Японія). Інсинератор VTH-30 складається з двох блоків: власне печі 2 для спалювання відходів і блоку 4 підготовки та подачі на спалювання рідких відходів. Корпус печі являє собою горизонтально розміщений циліндр, на передній стінці якого розташовано форсунки дизельного палива і рідких відходів, блок запалювання, детектор полум'я, люк для видалення золи й огляду внутрішньої поверхні печі, а також низку інших приладів та арматури (рис. 2.2).

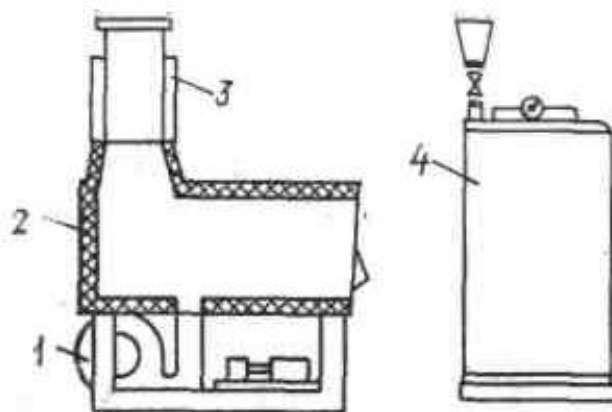


Рис. 2.2. Принципова схема інсинератора VTH-30 (Японія)

Люк для завантаження твердих відходів розташований праворуч у верхній частині циліндричної камери, наприкінці якої розміщена камера

розведення газів, що відходять. Зона горіння має подвійні стінки, викладені вогнетривким матеріалом. Охолодженню корпусу сприяє повітряна камера, утворена простором між подвійними стінками. Під циліндричною частиною печі розташований вентилятор 1, що служить для подачі повітря на охолодження стінок і на розведення газів, що відходять, через димохід 3.

Дизельне паливо і рідкі відходи подаються в камеру згоряння форсунками за допомогою стисненого повітря від суднової системи. Блок підготовки та подачі рідких відходів складається з бака циліндричної форми місткістю 200 л, у верхній частині якого розміщені мішалка імпелерного типу, прилад контролю кількості вмісту бака, фільтр, а також пристрій для підігріву рідких відходів. У нижній частині блоку розташований насос змінної продуктивності для подачі рідких відходів на спалювання, прилади контролю за температурою і тиском відходів тощо.

Тверді відходи можна спалювати як окремо, так і одночасно з рідкими відходами. Шлам палива та мастила, а також шлам стічних вод рекомендується спалювати в тому разі, якщо вміст води в отриманій суміші не перевищує 40%.

До основних переваг термічної утилізації відходів на борту судна належать:

- зменшення обсягів відходів і потреби у великих ємностях для їх зберігання;
- знезараження патогенних мікроорганізмів у харчових та лабораторних відходах;
- можливість утилізації нафтовмісних залишків та мастил без передачі їх на берегові підприємства;
- зниження ризику вторинного забруднення суднових приміщень та акваторії.

Разом з тим, недоліками залишаються потреба у значних енерговитратах, утворення золи та шлаків (які необхідно додатково накопичувати та передавати на берегові пункти утилізації), а також контроль за викидами шкідливих речовин в атмосферу.

Таким чином, використання термічних методів утилізації відходів на судні є ефективним та необхідним елементом сучасної системи екологічної безпеки, що дозволяє поєднати зручність для екіпажу з дотриманням міжнародних природоохоронних вимог.

2.3 Біотехнології переробки органічних відходів на судах

Органічні відходи (харчові залишки, мул від очисних споруд, відходи жирів, стічні води з камбуза та санітарних систем) становлять значну частку у загальному обсязі відходів, що утворюються на борту судна. Їхнє тривале накопичення створює санітарно-гігієнічні ризики, призводить до неприємних запахів, появи комах та гризунів, а також може стати джерелом патогенних мікроорганізмів. Тому сучасні судна дедалі частіше обладнуються системами біотехнологічної обробки органічних відходів.

Основні напрями біотехнологічної переробки наступні:

1. Біологічна обробка стічних вод (біореактори, аераційні системи).

На більшості сучасних суден встановлюють установки типу біореакторів з активним мулом, де органічні речовини розкладаються за допомогою мікроорганізмів. Аеробні бактерії у присутності кисню ефективно розщеплюють жири, білки та вуглеводи, переводячи їх у біомасу та безпечні сполуки (CO_2 , H_2O , нітрати).

2. Ферментація харчових відходів. Перспективним напрямом є використання мікроорганізмів для ферментативного розкладу харчових залишків. У спеціальних камерах при контрольованій температурі і вологості бактерії та грибкові культури перетворюють відходи у стабілізовану масу, яка може бути подальше спалена в інсинераторі чи скинута за борт у відкритому морі (згідно з вимогами MARPOL Annex V).

3. Анаеробне зброджування. У перспективі для великих суден можливе застосування анаеробних біореакторів, де в безкисневому середовищі органічні речовини перетворюються у біогаз (метан та CO_2) та дигестат. Біогаз може частково використовуватись для енергетичних потреб судна, зменшуючи споживання палива.

4. Біофільтри для вилучення жирів і масел. Для переробки жирів із жировловлювачів можуть застосовуватися біофільтри з мікробними культурами, що здатні окиснювати та руйнувати жирові сполуки. Це зменшує навантаження на очисні споруди та знижує ризик утворення запахів.

5. Компостування (обмежене застосування). На невеликих пасажирських суднах та яхтах іноді використовуються компактні системи для компостування харчових відходів із залученням мікроорганізмів. У результаті утворюється стабільний продукт, який може зберігатися до передачі у портові приймальні споруди.

Таблиця 2.4. Біотехнології переробки органічних відходів на борту судна

Метод	Принцип роботи	Основні відходи для обробки	Переваги	Недоліки
Біологічна обробка стічних вод (активний мул, біореактори)	Аеробні мікроорганізми розкладають органічні речовини у присутності кисню	Стічні води, мул від очисних споруд	Висока ефективність очищення; зниження патогенної мікрофлори	Потребує енергозатрат на аерацію; контроль за роботою системи
Ферментація харчових відходів	Мікроорганізми здійснюють ферментативний розклад органічних залишків	Харчові відходи	Швидка стабілізація відходів; зменшення запахів	Необхідність підтримання температури та вологості
Анаеробне зброджування (біогазові установки)	У безкисневих умовах бактерії утворюють біогаз (метан + CO ₂) та дигестат	Харчові відходи, мул	Отримання біогазу для енергопотреб; мінімізація обсягів відходів	Складність впровадження на малих суднах; потреба в герметичності
Біофільтри для жирів і масел	Мікробні культури окиснюють жири та нафтопродукти	Відходи жирів з жировловлювачів, маслянисті стоки	Зменшення навантаження на очисні споруди; усунення запахів	Обмежений строк служби біофільтра; потреба у регенерації
Компостування (міні-компостери)	Мікроорганізми розкладають харчові відходи у стабільну компостну масу	Харчові відходи, залишки біомаси	Простота; екологічність; можливість зберігання до передачі у порт	Обмежене застосування; повільний процес на морських рейсах

Переваги біотехнологічних методів наступні:

- екологічна безпечність та мінімізація обсягів відходів;
- зниження навантаження на інсинератори та паливні ресурси;
- запобігання забрудненню довкілля патогенами та токсичними речовинами;
- можливість одержання вторинних продуктів (біогаз, стабілізований мул).

Також існують певні обмеження, щодо впровадження біотехнологічних методів на борту суден - це:

- потреба у стабільних умовах роботи (температура, аерація, вологість);
- необхідність регулярного контролю за мікробіологічними процесами;
- обмежена продуктивність на малих суднах через дефіцит простору та енергоресурсів.

Таким чином, біотехнології переробки органічних відходів на борту суден є одним із найбільш перспективних напрямів у системі екологічного менеджменту флоту. Вони дозволяють не лише зменшити обсяги накопичених відходів, а й перетворити їх у менш небезпечні або навіть корисні продукти.

2.4 Технологія очищення суднових нафтовмісних вод

Основним видом забруднення гідросфери під час експлуатації суден є нафта і нафтовмісні води. Вони потрапляють у водойми внаслідок стоку нафти і нафтопродуктів під час перевезення їх у нафтоналивних суднах через негерметичність паливних і вантажних ємностей, а також під час промивання танків після розвантаження.

Запобігання забрудненню водойм судновими відходами – важлива складова частина загальної проблеми охорони довкілля.

У процесі експлуатації суднових механізмів утворюються підсланеві нафтовмісні води, які накопичуються під настилом машинних і котельних відділень, та інші стічні води, які містять нафтопродукти. Підсланеві

нафтовмісні води класифікуються як води, що утворилися внаслідок роботи судових енергетичних установок, їх обслуговування та ремонту, промивні охолоджувальні води, що використовуються під час охолодження продуктів та апаратури, вода, що йде від насосів, дизелів, дизелів тощо.

Основні причини утворення нафтовмісних вод на судні – це стоки з трубопроводів, арматури, насосів, через обшивку корпусу і донну арматуру, а також стоки нафтопродуктів з трубопроводів і механізмів під час ремонту механізмів, паливної та масляної апаратури.

На судні для очищення нафтовмісних вод від механічних домішок розміром до 5 мкм і зниження концентрації нафтопродуктів в очищеній воді до рівня не більш як 15 млн^{-1} використовується сепаратор нафти.

Системи очищення лляльних вод умовно поділяють на вакуумні та напірні. Різниця між ними полягає в розташуванні насосної станції: якщо насос монтується після сепаратора, модель називається вакуумною.

Сепаратори очищення нафтовмісних вод поділяються на групи за способами очищення:

- гравітаційні. Застосовується двоступеневе очищення. На першому етапі вода нагрівається, що піднімає нафтопродукти та інші домішки вгору. На другому - рідина проходить через фільтрувальний елемент.

- відцентрові. Вода нагрівається до певної температури, надходить до обертового барабана, де завдяки відцентровим силам забруднення збираються в центрі та потім виводяться з системи.

- флотаційні. Частинки нафти піднімаються на поверхню разом із повітряними бульбашками. У результаті утворюється пінка, яку згодом прибирають лопатками.

- коалесцентні. Безреагентне відділення нафтопродуктів за допомогою резервуарів, об'єднаних у єдину дренажну систему.

- комбіновані. Поєднують кілька методів обробки.

Згідно з вимогами Міжнародної конвенції із запобігання забрудненню із суден MARPOL 73/78, встановлення сепараторів лляльних вод є обов'язковим на всіх судах світового флоту.

На основі проведеного аналізу методів поводження з відходами на борту судна сформована узагальнена таблиця з наведеними перевагами та недоліками і видами відходів до яких застосовуються дані методи (табл. 2.5).

Таблиця 2.5. Порівняльна характеристика методів поводження з відходами на борту судна

Метод/технологія	Суть процесу	Переваги	Недоліки	Приклади застосування
Механічні методи (збирання, сортування, подрібнення, пресування)	Фізичне відокремлення та зменшення об'єму відходів	Простота, низькі енерговитрати, можливість повторного використання відсортованих матеріалів	Не вирішує питання остаточної утилізації, потребує місця для зберігання	Контейнери, сміттеподрібнювачі, преси
Термічні методи (інсинерація)	Спалювання відходів при високій температурі	Значне зменшення об'єму (до 90%), знезараження	Викиди токсичних газів (NO _x , SO _x , діоксини), потреба у скруберах	Суднові інсинератори
Біотехнології	Біологічне розкладання органічних відходів (анаеробні реактори, біоферментери)	Екологічність, отримання біогазу та біодобрив	Обмежені обсяги на судні, потреба у стабільних умовах	Біологічна система обробки стічних вод Біореактори переробки органічних відходів
Очищення нафтовмісних вод	Відділення нафти від води за допомогою сепараторів (відстоювання, коалесценція, фільтрація)	Висока ефективність (до 99%), автоматичний контроль, відповідність MARPOL	Необхідність утилізації шламу, потреба в регулярному техобслуговуванні	Сепаратор нафти

Порівняння різних методів поводження з відходами на борту судна свідчить, що кожна технологія має своє чітке функціональне призначення. Механічні методи забезпечують зручність накопичення та транспортування відходів, однак не вирішують питання їх остаточної знешкодження. Термічні методи, зокрема інсинератори, дозволяють суттєво зменшити об'єм і

зnezаразити відходи, проте супроводжуються викидами токсичних речовин, що потребує використання додаткових систем очищення димових газів. Біотехнології розглядаються як більш екологічний підхід, адже сприяють повторному залученню органічних речовин у біологічний цикл, але їх практичне застосування на судах обмежене просторовими та технічними чинниками.

На відміну від вказаних методів, технологія очищення нафтовмісних вод має чітке нормативне регулювання відповідно до вимог MARPOL та є обов'язковою для експлуатації суден. Її особливість полягає у вузькому спрямуванні – зниженні концентрації нафти у воді до допустимих 15 ppm перед скиданням за борт. Таким чином, якщо механічні, термічні та біотехнологічні методи можуть розглядатися як взаємодоповнюючі, то система очищення нафтовмісних вод є критично необхідною технологією, що безпосередньо впливає на екологічну безпеку морських перевезень.

2.5 Системи зберігання, пакування та передання відходів у портах

Ефективне управління відходами у портах є одним із ключових аспектів забезпечення екологічної безпеки морського транспорту та сталого функціонування портової інфраструктури. Відходи, що утворюються під час обслуговування суден, логістичних операцій та портових підприємств, потребують організованої системи зберігання, пакування та передання для подальшої утилізації або переробки. Недотримання цих вимог може призвести до забруднення навколишнього середовища, підвищення ризику аварійних ситуацій та погіршення санітарно-гігієнічних умов у портах.

Системи зберігання відходів у портах передбачають тимчасове розміщення відходів до їхнього вивезення на переробку або утилізацію. Основні вимоги до таких систем включають:

1. Сепарація відходів за типами – розділення органічних, небезпечних, будівельних та змішаних відходів для запобігання їх небезпечної взаємодії та полегшення процесів подальшої утилізації.

2. Використання спеціалізованих контейнерів та резервуарів – для рідких та небезпечних відходів застосовуються герметичні ємності, для твердих – контейнери різного обсягу, включаючи контейнери для відходів харчової, паперової та пластикової категорій.

3. Відповідність санітарним та екологічним нормам – всі сховища відходів повинні відповідати національним та міжнародним стандартам, включаючи вимоги MARPOL Annex V щодо поводження з відходами на судах та у портах.

Організація зберігання передбачає зонування портової території, де відведені ділянки використовуються для окремих категорій відходів, що мінімізує ризик змішування та спрощує логістику їхнього вивезення.

Пакування відходів є важливим етапом, що забезпечує безпечне транспортування та зменшує ризики забруднення та інфікування. Основні принципи пакування включають:

- ідентифікацію та маркування контейнерів – кожен контейнер повинен містити інформацію про тип відходу, його потенційну небезпеку та термін зберігання.

- використання спеціальних пакувальних матеріалів – для небезпечних відходів застосовуються герметичні пластикові мішки, металеві або пластикові барабани, для органічних – біорозкладні пакети, для скляних та гострих предметів – посилені контейнери.

- зменшення обсягу відходів перед пакуванням – пресування або подрібнення дозволяє зменшити об'єм твердих відходів, що сприяє ефективнішому використанню контейнерів і спрощує логістику.

Важливо, щоб процес пакування враховував специфіку морського транспортування: контейнер повинен бути стійким до вологи, коливань

температур та механічних пошкоджень під час переміщення між судном та портом.

Передання відходів у портах включає передачу відходів від суден та портових підприємств до операторів переробки або утилізації. Ключові елементи даного процесу наступні:

1. Організація приймання відходів – створення спеціалізованих пунктів приймання відходів у портах, де здійснюється контроль кількості, якості та відповідності відходів до встановлених категорій.

2. Документування та контроль руху відходів – ведення обліку кожної партії відходів, включаючи вид, кількість та дату передачі, що дозволяє забезпечити повну прозорість та відповідність законодавчим вимогам.

3. Залучення сертифікованих операторів утилізації та переробки – передача відходів повинна здійснюватися лише акредитованими підприємствами, які мають відповідне обладнання для безпечного знешкодження або повторного використання матеріалів.

У сучасних портах активно впроваджуються автоматизовані системи обліку та логістики відходів, що дозволяє оперативно контролювати обсяги та місце розташування контейнерів, оптимізувати маршрути вивезення та мінімізувати час зберігання.

Сучасні системи управління відходами у портах включають впровадження інтелектуальних контейнерів із датчиками заповнення, автоматизованих пресувальних станцій та інтеграцію портових систем із цифровими платформами обліку. Такі підходи дозволяють підвищити ефективність логістики відходів, знизити витрати на їх зберігання та транспортування, а також мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ВІДХОДІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ НА БОРТУ СУДНА

3.1 Коротка характеристика досліджуваного судна

Досліджуваним об'єктом є науково-дослідне судно водотоннажністю 1190 т, довжиною 60,9 м, шириною 10,0 м та осадкою 4,6 м. Тривалість одного рейсу становить 65 діб. На борту перебуває екіпаж у кількості 18 осіб та 16 членів наукової команди, тобто загалом 34 особи. Витрата палива під час експлуатації судна складає в середньому 25 т/добу (табл. 3.1).

Основним призначенням судна є проведення моніторингових досліджень Чорного та Азовського морів, що включають вивчення морського дна, збір та аналіз екологічних даних, а також дослідження стану і динаміки рибних ресурсів. Для реалізації цих завдань на борту обладнано п'ять спеціалізованих лабораторій, призначених для виконання хімічних, біологічних та гідрологічних аналізів.

Таблиця 3.1. Основні характеристики науково-дослідного судна

Характеристика	Значення
Розміри (дов./шир./осадка), м	60,9/10/4,6)
Водотоннажність	1190 т
Максимальна швидкість	12,5 вузлів
Витрата палива	25 т/добу
Запас прісної води	480 м ³
Опріснювач	9 т/добу
Максимальна місткість людей	Екіпаж - 18 осіб та до 16 осіб наукового персоналу
Глибоководні дослідження	До 1500 м двома потужними гідролокаторами
Кількість наукових лабораторій	5

Судно відповідає вимогам Регістру судноплавства України та Міжнародним конвенціям, зокрема Міжнародній конвенції із Запобігання Забруднення Моря Суднами, 1973 р., вдосконаленій Протоколом від 1978 р. і доповненій резолюцією МЕРС 39(29). Відповідно до вимог Конвенції судна проходять щорічні та проміжні огляди, що підтверджується відповідними записами та сертифікатами.

3.2 Джерела утворення відходів та вимоги до розміщення відходів на борту судна

У процесі експлуатації судна утворюється широкий спектр відходів, обумовлений як його функціональним призначенням, так і тривалістю автономного плавання. Джерелами формування відходів є:

- сектор життєзабезпечення екіпажу та наукової команди – побутові, харчові та санітарно-фекальні відходи, що виникають у результаті забезпечення життєдіяльності людей на борту;
- машинно-енергетичний комплекс – утворення нафтовмісних відходів (лляльні води, залишки палива, мастила, відпрацьовані фільтри тощо);
- науково-дослідні лабораторії – утворення хімічних реагентів, відпрацьованих зразків, біологічних залишків та упаковок від реактивів;
- судові допоміжні системи та обслуговування – утворення відходів фарб, розчинників, залишків ремонтних матеріалів, а також дрібного металобрухту/
- (Розміщення та зберігання відходів на борту судна має здійснюватися таким чином, щоб забезпечити мінімізацію впливу на навколишнє середовище, безпеку екіпажу та ефективність подальшої утилізації. Основні вимоги до розміщення відходів на борту судна наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.3. Основні вимоги до розміщення відходів на борту судна

№	Вимоги	Пояснення
1	Виділення спеціально обладнаних місць для зберігання відходів	- Відходи повинні накопичуватися у спеціально призначених контейнерах або приміщеннях, розташованих у зонах, зручних для збору, але ізольованих від житлових і виробничих приміщень. - Контейнери повинні бути промарковані відповідно до типу відходів (пластик, харчові відходи, метал, скло, змішані відходи, нафтовмісні залишки тощо).
2	Вимоги до ємностей і контейнерів	- Мають бути герметичними, стійкими до корозії, впливу вологи та механічних пошкоджень. - Повинні легко очищуватися та дезінфікуватися. - Об'єм контейнерів має забезпечувати можливість накопичення відходів протягом усього рейсу, якщо передача на берег неможлива.
3	Роздільне збирання відходів	- Забороняється змішувати несумісні види відходів (наприклад, нафтовмісні з харчовими чи небезпечні з побутовими). - Для харчових відходів, небезпечних речовин, акумуляторів, люмінесцентних ламп та медичних відходів передбачаються окремі ємності.
4	Розташування пунктів збору	- У місцях найбільшого утворення відходів (камбуз, машинне відділення, лабораторії) встановлюються локальні контейнери з регулярним вивезенням у центральні місця накопичення. - Центральні місця зберігання відходів повинні бути розташовані так, щоб забезпечити швидкий доступ при передачі сміття на берег або завантаженні в інсинератор.
5	Безпека та гігієна	- Місця зберігання відходів мають бути вентильованими, захищеними від проникнення гризунів та комах. - Не допускається витік рідких відходів у приміщення або за борт. - Під час роботи з небезпечними відходами екіпаж повинен користуватися індивідуальними засобами захисту.
6	Ведення обліку	- Кожне переміщення відходів (накопичення, обробка, передача на берег або спалювання) фіксується у Журналі поводження з відходами. - Дані про обсяги та види відходів мають зберігатися для перевірки контролюючими органами.
7	Врахування особливостей обладнання судна	- У випадку наявності інсинератора – відходи, що дозволені до спалювання, повинні доставлятися безпосередньо в інсинераторну. - Нафтовмісні відходи повинні накопичуватися у танках шламу до подальшої обробки сепаратором або передачі на берег. - Стічні води збираються та обробляються в установці для очищення, після чого можуть скидатися за борт у дозволених районах.

На борту судна передбачені:

- герметичні контейнери та бункери для пластику, металу та скла, обладнані кришками, що запобігають розсіюванню відходів під час штормових умов;
- пластикові контейнери для харчових та органічних відходів, які зберігаються окремо від інших потоків сміття та підлягають подальшій утилізації;
- суднові пресувальні установки для ущільнення частини твердих відходів (картону, паперу, пластику) з метою зменшення об'єму та полегшення зберігання;
- маркування та різний колір контейнерів відповідно до типу відходів, що дозволяє запобігти змішуванню несумісних матеріалів та підвищує ефективність подальшої переробки.

Збирання відходів організоване за принципом щоденного їх переміщення з місць утворення (камбуз, машинне відділення, лабораторії, побутові приміщення) до центральних пунктів накопичення. Ведеться журнал обліку операцій з відходами, у якому фіксуються обсяги, види сміття, дата та місце утворення, а також спосіб подальшого поводження.

Таким чином, система збирання та зберігання відходів на судні є багатоступеневою, орієнтованою на екологічну безпеку та повне дотримання міжнародних норм мореплавства, що дозволяє мінімізувати ризики забруднення морського середовища (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. Система накопичення відходів на борту досліджуваного судна відповідно до Додатка V МАРПОЛ 73/78

Вид відходів / забруднень	Обладнання / ємність	Місце розташування на судні	Особливості зберігання, обліку та обробки
Пластикові відходи	Герметичні контейнери загальною місткістю 5,3 м ³	Головна палуба, камбуз, їдальня, приміщення кондиціонера, судновий офіс,	Роздільне зберігання, маркування, заборона змішування з органічними відходами

Вид відходів / забруднень	Обладнання / ємність	Місце розташування на судні	Особливості зберігання, обліку та обробки
		майстерні, комора, палуба В	
Металеві та скляні відходи	Пластикові контейнери	Головна палуба, майстерні, центральний пункт збору відходів	Роздільне зберігання скла та металу, передача в порт
Харчові та органічні відходи	Герметичні пластикові ємності + інсинератор TeamTec Logi Incinerator	Камбуз, їдальня, інсинераторна	Тимчасове зберігання в герметичних ємностях, щоденне спалювання або передача в порт
Папір та картон	Пресувальна установка / герметичні контейнери	Центральний пункт збору відходів	Пресування для зменшення об'єму, подальше спалювання в інсинераторі
Лабораторні (хімічні, біологічні) відходи	Спеціальні герметичні ємності з маркуванням «Небезпечно»	Лабораторні приміщення	Окремий облік, передача тільки в порт для утилізації
Нафтовмісні води	Сепаратор нафтовмісних вод RWO	Машинне відділення	Очищення до нормативних показників, контроль вмісту нафти, скидання за межами 12 миль від берега або зберігання
Нафтові залишки (шлам, брудне масло)	Танк брудного масла 8,10 м³, танк шламу 9,6 м³	Машинне відділення	Зберігання до здачі на берегові приймальні споруди
Стічні води	Установка обробки стічних вод DVZ-SKA 50 «BIO MASTER»-PLUS	Машинне відділення	Біологічне очищення та скидання згідно з вимогами МАРПОЛ або зберігання у танках

Сміттєві баки необхідно позначати різними кольорами та надписами (рис. 3.1). Необхідно використовувати таблички, що чітко демонструють порядок збору сміття для кожного контейнера. Таблички повинні містити коротку інформацію про заборону та обмеження на скидання відходів з суден

відповідно до Додатку V до МАРПОЛ. Плакати повинні бути зрозумілими для сприйняття і використовувати малюнки для чіткої ідентифікації того, яке сміття повинно бути в якому контейнері.



Рис. 3.1. Контейнери на борту судна для різних видів відходів

Особлива увага приділяється до окремого накопичення харчових відходів. Не допускається стікання рідкої фракції харчових відходів на палубу чи в приміщення. При зберіганні понад 24 години харчові відходи повинні розміщуватися у холодильних або морозильних камерах, щоб уникнути розкладання та поширення неприємного запаху.

Ємності для харчових відходів повинні регулярно очищуватися та дезінфікуватися. При роботі з харчовими відходами екіпаж має використовувати рукавички та інші індивідуальні засоби захисту. Забороняється змішувати харчові відходи з пластиком, металом або небезпечними речовинами.

Судно має План управління відходами. Адміністрація судна зобов'язана постійно стежити за санітарним станом обладнання для накопичення відходів і своєчасно вживати заходів щодо усунення виявлених недоліків. На судні, відповідно до встановленого для суднових документів порядку, ведуть щодня Журнал реєстрації суднових операцій зі сміттям.

3.3 Розрахунок обсягів утворення відходів на борту судна

Розрахунок обсягів утворення відходів на борту судна виконується відповідно до низки міжнародних документів, головними з яких є:

- Міжнародна конвенція з попередження забруднення з суден (МАРПОЛ 73/78) Додаток V – «Запобігання забрудненню сміттям з суден», яка встановлює категорії відходів, правила їх зберігання, скиду, передачі на берег і вимоги до обліку та містить загальні положення для розрахунку обсягів відходів з урахуванням типу судна, кількості екіпажу та пасажирів, тривалості рейсу;

- Керівництво ІМО з розробки Плану управління сміттям на борту судна (МЕРС.295(71)), що містить методичні рекомендації щодо визначення джерел утворення та приблизних норм накопичення відходів

Розрахунок обсягів утворення відходів проводиться за видами відходів.

Освітлення палуби та приміщень.

Кількість утворених відходів, таких як прилади освітлення, розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{л}} = \frac{(\sum Q_i \cdot T \cdot k \cdot m_g \cdot 10^{-3})}{K_{1i}}, \quad (3.1)$$

де $\sum$ – підсумовування за всіма типами ламп; Q_i – кількість ламп, що використовуються, шт.; T – фактичний термін роботи лампи, діб; k – час роботи лампи на добу, год/добу; m_g – маса лампи, кг; K_{1i} – експлуатаційний термін служби ламп обраного типу, год.

Кількість ламп, що використовується на судні та їх характеристики наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4. Характеристики приладів освітлення на судні

Тип лампи	Q_i , шт	k , год/добу	K_{1i} , Год	m_g , кг
Світлодіодні лампи	250	10	50000	0,16
Газорозрядні лампи високого тиску	260	10	15000	0,40
Лампи розжарювання	1715	10	1000	0,041

Результати розрахунків утворених відходів приладів освітлення за 1 рейс (65 діб), виконаних за формулою (3.1) наведені нижче.

Відходи світлодіодних ламп:

$$B_{св.л.} = \frac{215 \cdot 65 \cdot 10 \cdot 0,16 \cdot 10^{-3}}{50000} = 0,0004 \text{ т.}$$

Відходи газорозрядних ламп:

$$B_{гр.л.} = \frac{260 \cdot 65 \cdot 10 \cdot 0,40 \cdot 10^{-3}}{15000} = 0,0045 \text{ т.}$$

Відходи ламп розжарювання:

$$B_{л.р.} = \frac{1715 \cdot 65 \cdot 10 \cdot 0,041 \cdot 10^{-3}}{1000} = 0,0457 \text{ т.}$$

Відходи мінеральних моторних мастил

Оцінка кількості відходів мінеральних моторних мастил проводиться за формулою:

$$B_{м.м.} = V_i \cdot k \cdot \rho \cdot 10^{-2} \text{ , т} \quad (3.2)$$

де V_i – обсяг використаного (споживання) мастила на судні, 3,6% від витраченого палива, т; k – норма збору мастила, %; ρ – густина відпрацьованого мастила, середня величина 0,9 т/м³.

Приймаємо $V_i = 1820 \cdot 3,6/100 = 65,52$ т; $k = 8\%$.

$$B_{м.м.} = 65,52 \cdot 8 \cdot 0,9 \cdot 10^{-2} = 4,725 \text{ т} = 5,250 \text{ м}^3$$

Фільтри очищення мастила, палива, повітря

Перед подачею мастила в масляну, а палива в паливну систему двигунів судна, воно проходить очищення через фільтри. Система забору повітря забезпечена від попадання пилу та інших речовин повітряними фільтрами. За вказаний період робіт утворення цих видів відходів малоймовірне. У розрахунках враховано, що заміна фільтрів можлива, тому що до використання застосовуються фільтри, що перебувають якийсь час в експлуатації.

Кількість фільтрів, відпрацьованих, розраховано за формулою:

$$K_i = F_i \cdot n \text{ , шт} \quad (3.3)$$

де F_i – кількість фільтрів, установлених на обладнанні, од.; n – кількість обладнання i -тої марки, од.

Кількість утворення цього виду відходу розраховано за формулою:

$$B_{\phi} = K_i \cdot m \cdot k, \text{ т} \quad (3.4)$$

де m – маса фільтра визначається відповідно до технічних характеристик обладнання, т; k – коефіцієнт, що враховує наявність залишків домішок (мастил/палива, механічних домішок) у відпрацьованому фільтрі.

Характеристики відпрацьованих фільтрів наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5. Характеристик відпрацьованих фільтрів

Тип відпрацьованого фільтру	F_i , шт.	n , шт.	Кількість замін за період	K_i , шт.	m , кг.	k
Фільтри очищення мастила	1	4	1	4	4	1,15
Фільтри очищення палива	1	4	1	4	1	1,15
Фільтри очищення повітря	1	4	1	4	4	1,15

Кількість утворених відходів буде дорівнювати:

Відходи фільтрів очищення мастила: $B_{\phi.м.} = 4 \cdot 4 \cdot 1,15 = 18,4 \text{ кг} = 0,0184 \text{ т}$.

Відходи фільтрів очищення палива: $B_{\phi.пал.} = 4 \cdot 1 \cdot 1,15 = 4,6 \text{ кг} = 0,0046 \text{ т}$.

Відходи фільтрів очищення повітря: $B_{\phi.пов.} = 4 \cdot 4 \cdot 1,15 = 18,4 \text{ кг} = 0,0184 \text{ т}$.

Відходи від експлуатації камбуза

Оцінка кількості харчових відходів камбуза виконується за формулою:

$$B_{\text{харч.}} = (N_1 \cdot m_1 + N_2 \cdot m_2) \cdot T \cdot 10^{-3}, \text{ т} \quad (3.5)$$

де N_1 – кількість перших страв, од./добу; N_2 – кількість других страв, од./добу; m_1 – питома норма утворення відходів на одну першу страву, приймаємо 0,066 кг/страву; m_2 – питома норма утворення відходів на одну другу страву, приймаємо 0,18 кг/страву; T – експлуатаційний період судна, діб; ρ – густина відходів, приймаємо 0,75 т/м³.

Кількість страв відповідає загальній кількості екіпажу та членів наукової групи – всього 34 особи.

$$V_{\text{харч.}} = (34 \cdot 0,066 + 102 \cdot 0,18) \cdot 65 \cdot 10^{-3} = 1,339 \text{ т} = 1,786 \text{ м}^3$$

Нехарчові відходи (сміття) утворюються від прибирання камбуза і включають в себе також різний пакувальний матеріал і належить до твердих побутових відходів.

Оцінка кількості утворення даного виду відходу виконується за формулою

$$V_{\text{нехарч.}} = q \cdot N \cdot T, \text{ т} \quad (3.6)$$

де q – питома норма утворення відходів на 1 особу, приймаємо 0,001 т/добу; N – кількість осіб на судні, осіб/добу; T – експлуатаційний період судна, діб; ρ – густина відходів, приймаємо 0,5 т/м³.

$$V_{\text{нехарч.}} = 0,001 \cdot 34 \cdot 65 = 2,21 \text{ т} = 4,42 \text{ м}^3.$$

Обтиральний матеріал, забруднений нафтою або нафтопродуктами (вміст нафти або нафтопродуктів 15% і більше)

Кількість утворення даного виду відходу розраховано за формулою:

$$V_{\text{обт.мат.}} = K_{\text{пит}} \cdot N_{\text{сер}} \cdot T \cdot 10^{-3} \quad (3.7)$$

де $K_{\text{пит}}$ – питома норма обтирального матеріалу, забрудненого нафтопродуктами (вміст нафтопродуктів 15% і більше) на 1 особу, приймаємо 0,1 кг/добу; $N_{\text{сер}}$ – середня кількість працівників, які займаються обслуговуванням механізмів і обладнання (30% від загальної чисельності персоналу), осіб; T – експлуатаційний період судна, діб; ρ – густина відходів, приймаємо 0,2 т/м³.

$$V_{\text{обт.мат.}} = 0,1 \cdot 18 \cdot 0,3 \cdot 65 \cdot 10^{-3} = 0,0351 \text{ т} = 0,1755 \text{ м}^3.$$

Тверді побутові відходи від проживання персоналу на судах. До них відносятьс відходи, що утворюються від розпакування різного матеріалу, сировини, які використовуються на судні для потреб людей та інше

використане побутове приладдя. Кількість утворення цього виду відходу розраховано за формулою:

$$V_{\text{ТПВ}} = q \cdot N \cdot T, \quad (3.8)$$

де q – питома норма утворення відходів на 1 особу, приймаємо 0,001 т/добу; N – кількість осіб на судні на добу, осіб/добу; T – експлуатаційний період судна, діб; ρ – густина відходів, приймаємо 0,5 т/м³.

$$V_{\text{ТПВ}} = 0,001 \cdot 34 \cdot 65 = 2,21 \text{ т} = 4,42 \text{ м}^3.$$

Відходи жирів під час розвантаження жировловлювачів

Цей вид відходу містить у собі жири рослинного і тваринного походження. Відповідно до вимог МАРПОЛ 73/78 цей вид відходу відділено від інших харчових відходів в окрему категорію, оскільки його не можна за жодних умов нормальної експлуатації суден скидати за борт.

Питома норма для цього виду відходу не встановлена, добова кількість утворення цього виду відходу прийнята за фактичними даними утворення на типових суднах. Кількість цього виду відходу розраховано за формулою (3.6).

$$V_{\text{жир.}} = q \cdot N \cdot T, \text{ т}$$

Приймаємо $q = 0,00005 \text{ м}^3/\text{добу}$; густина відходів $\rho = 0,75 \text{ т/м}^3$.

$$V_{\text{жир.}} = 0,00005 \cdot 34 \cdot 65 = 0,111 \text{ м}^3 = 0,083 \text{ т},$$

Мул стабілізований біологічних очисних споруд господарсько-побутових і змішаних стічних вод.

Цей вид відходу утворюється на суднах в результаті роботи очисних споруд господарсько-побутових стічних вод. Обсяги даного відходу визначаються за формулою:

$$V_{\text{мул}} = Q_{\text{мул}} \cdot b, \quad (3.9)$$

де $Q_{\text{мул}}$ – витрата мулу за один рейс, приймаємо 540 м³/період; b – відсоток відходу мулу, приймаємо 1%; ρ – густина відходу, дорівнює 1,1 т/м³.

$$V_{\text{мул}} = 540 \cdot 0,01 = 5,4 \text{ т} = 4,91 \text{ м}^3$$

Осад механічного очищення нафтовмісних стічних вод, що містить нафтопродукти в кількості 15% і більше

До складу обладнання судна входить обладнання сепарації нафтовмісних стічних (ляльних) вод. При очищенні ляльних вод утворюється вид відходу: осад механічного очищення нафтовмісних стічних вод, який накопичується в танках суден. Кількість утворення цього виду відходу розраховано за формулою:

$$V_{\text{нафт.ос.}} = q_{\text{нвв}} \cdot (k_{\text{нп}} + k_{\text{зр}}) \cdot T, \quad (3.10)$$

де $q_{\text{нвв}}$ – середньодобова норма утворення нафтовмісних ляльних вод, приймаємо $0,32 \text{ м}^3/\text{добу}$ за густини 1 т/м^3 ; $k_{\text{нп}}$ – вміст нафтопродуктів у неочищених нафтовмісних ляльних водах від 300 до 1000 мг/л, або від 0,0003 до $0,001 \text{ т/м}^3$; $k_{\text{зр}}$ – вміст завислих речовин у неочищених ляльних водах $0,0006 \text{ т/м}^3$; T – експлуатаційний період судна, діб; ρ – густина осаду, що містить нафтопродукти, дорівнює $0,930 \text{ т/м}^3$.

$$V_{\text{нафт.ос.}} = 0,32 \cdot (0,001 + 0,0006) \cdot 65 = 0,0333 \text{ м}^3 = 0,0310 \text{ т.}$$

Зола та шлаки від інсинераторів

За технічними вимогами до палива/відходів, зазначеними в МАРПОЛ 73/78, тверді побутові відходи містять: 50% харчових відходів; 50% сміття, що містить приблизно: 30% паперу, 40% картону, 10% дрантя, 20% пластмаси.

Суміш містить до 50% вологи та 7% негорючих твердих матеріалів. Таким чином, після сортування кількість відходів, що йдуть на термічну обробку, розраховується за формулою:

$$V_{\text{тер.обр.}} = \frac{[V_{\text{нафт.ос.}} + V_{\text{обт.мат.}} + (V_{\text{харч.}} + V_{\text{нехарч.}} + V_{\text{ТПВ}})]}{100} \cdot (100 - 7), \quad (3.11)$$

де $V_{\text{нафт.ос.}}$ – кількість виду відходу: осад механічного очищення нафтовмісних стічних вод, що містить нафтопродукти в кількості 15% і більше, т; $V_{\text{харч.}} + V_{\text{нехарч.}}$ – кількість виду відходи від експлуатації камбуза, крім очищення жироловлювача, т; $V_{\text{ТПВ}}$ – кількість виду відходу: сміття від побутових

приміщень суден та інших плавучих засобів, не призначених для перевезення пасажирів, т.

$$V_{\text{тер.обр.}} = \frac{[0,0310 + 0,0351 + (1,339 + 2,21 + 2,21)] \cdot (100 - 7)}{100} = 5,417 \text{ т.}$$

Від спалювання нафтозалишків незгорілих компонентів не залишається, отже за умови використання цього типу інсинератора, кількість відходів після термічної обробки становитиме:

$$V_{\text{зола}} = V_{\text{тер.обр.}} \cdot 1,2\%. \quad (3.12)$$

Густина спаленого відходу становить $\rho = 0,455 \text{ т/м}^3$.

$$V_{\text{зола}} = 5,417 \cdot 1,2\% = 0,065 \text{ т} = 0,1429 \text{ м}^3.$$

Лабораторні (хімічні та біологічні) відходи

На досліджуваному судні лабораторні відходи, залежно від їх складу та стану можуть належати до II-IV класу небезпеки. Перед віднесенням до конкретного класу необхідно проводити ідентифікацію та паспортизацію відходів (згідно з ДСТУ 4462.3-2005) та враховувати вимоги Додатка V МАРПОЛ 73/78 (табл. 3.6).

Нижче обґрунтована оцінка утворення лабораторних (хімічних і біологічних) відходів на досліджуваному судні за один рейс 65 діб. Вона базується на типовій для експедиційного флоту питомій нормі утворення лабораторних відходів на одного науковця на добу (з урахуванням 5 лабораторій і проведенні регулярних хімічних та біологічних аналізів). Фактичний обсяг залежить від програми відбору проб, інтенсивності аналізів, видів реактивів та протоколів знезараження. Для уточнення варто спиратися на записи Журналу відходів, відомості видачі реактивів і внутрішні акти списання.

Таблиця 3.6. Можливі лабораторні відходи та їх класи небезпеки

№	Вид лабораторних відходів	Приклади	Орієнтовний клас небезпеки	Особливості поводження
1	Відходи, що містять ртуть та її сполуки	Розбиті термометри, манометри, хімічні реактиви з Hg	I	Зберігати в герметичних контейнерах, передавати ліцензованим утилізаторам, не спалювати в інсинераторі
2	Сильнодіючі отруйні хімічні реактиви	Солі кадмію, свинцю, хром(VI), концентровані кислоти та луги	I–II	Зберігати у хімістичних контейнерах, нейтралізація перед утилізацією
3	Органічні розчинники та суміші	Ацетон, етанол, метанол, хлороформ	II	Зберігати в металевих або спеціальних ПЕТ ємностях, уникати нагрівання
4	Біологічні відходи високої небезпеки	Зразки збудників інфекцій 2–3 груп патогенності	II	Обов'язкове знезараження автоклавом чи деззасобами перед утилізацією
5	Біологічні відходи після знезараження	Культури мікроорганізмів після автоклавовання	III	Можна утилізувати як звичайні побутові з дотриманням МАРПОЛ V
6	Лабораторне скло, тара від реактивів	Пробірки, колби, пляшки після промивки	III–IV	Роздільне збирання, за можливості повторне використання
7	Нейтралізовані хімічні розчини	Слабкі кислоти/луги після нейтралізації	IV	Злив у систему обробки стічних вод судна за погодженням з екологічними нормами

Приймаємо наступний розподіл лабораторних відходів за один рейс:

- тверді лабораторні відходи (засоби одноразового використання, зіпсовані зразки, тара) – 0,524 т
- хімічні рідкі відходи (реагенти, промивні розчини) 0,318 т, при густині 1 т/м³, це дорівнює 0,318 м³;
- біологічні відходи (контаміновані матеріали, біозразки) – 0,214 т.

За результатами розрахунків сформована загальна таблиця обсягів відходів, що утворюються на борту судна в процесі його експлуатації за 1 рейс, (табл. 3.7). Також на рис 3.2 рис. 3.3 наведено аналіз структури та обсягів відходів.

Таблиця 3.7. Розраховані обсяги відходів та їх характеристика

№	Найменування виду відходу	Походження відходу	Склад відходу (найменування компонентів)	Поводження з відходами	Кількість утвореного відходу т/період (за 1 рейс - 65 діб)
3-й клас небезпеки					
1	Газорозрядні лампи високого тиску, що втратили споживчі властивості	Використання за призначенням із втратою споживчих властивостей	алюміній; скло; нікель; цинк	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	0,0045
2	Осад механічного очищення нафтовмісних стічних вод, що містить нафтопродукти в кількості 15% і більше	Механічне очищення нафтовмісних стічних вод	нафтопродукти; вода; завислі речовини	Термічна обробка в інсинераторі	0,031
3	Відходи мінеральних моторних мастил	Використання за призначенням із втратою споживчих властивостей	мастило мінеральне, вода; може містити механічні домішки	Зберігання у танках до здачі на берегові приймальні споруди	5,250
4	Відпрацьовані фільтри очищення мастил судна	Обслуговування і ремонт судна	нафтопродукти та інші матеріали	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	0,0184
5	Відпрацьовані фільтри очищення палива судна	обслуговування і ремонт судна	нафтопродукти та інші матеріали	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	0,0046
6	Обтиральний матеріал, забруднений нафтою або нафтопродуктами (вміст нафти або нафтопродуктів 15 % і більше)	Обслуговування обладнання	бавовна; нафтопродукти; вода (волога)	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	0,0585
7	Лабораторні відходи (біологічні відходи після знезараження)	Лабораторні дослідження	Культури мікроорганізмів після автоклавовання, контаміновані матеріали, біозразки	Після автоклавовання утилізуються як побутові відходи	0,214
Всього відходів 3-го класу небезпеки					5,581
4-й клас небезпеки					
8	Світлодіодні лампи, що втратили споживчі властивості	Використання за призначенням із втратою	полікарбонат; полістирол; металевий брут	Накопичення у спеціальних ємностях на	0,0004

№	Найменування виду відходу	Походження відходу	Склад відходу (найменування компонентів)	Поводження з відходами	Кількість утвореного відходу т/період (за 1 рейс - 65 діб)
		споживчих властивостей	чорний (метал); мідь; кераміка; механіч. домішки (пісок)	судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	
9	Лампи розжарювання, що втратили споживчі властивості	Використання за призначенням із втратою споживчих властивостей	скло тугоплавке; провідник тугоплавкий електричний	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	0,0457
10	Відпрацьовані фільтри повітряні	Обслуговування і ремонт судна	Папір, залізо, механічні домішки	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	0,0184
11	Тверді побутові відходи від проживання персоналу на судні	Чистка та прибирання приміщень; збір відходів життєдіяльності персоналу	папір; картон; текстиль; каучук; полімерні матеріали; скло, кераміка, метал тощо.	Термічна обробка в інсинераторі (папір, картон, текстиль) Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству (скло, метал, полімери, кераміка)	2,21
12	Відходи жирів під час розвантаження жировловлювачів	Розвантаження жировловлювачів	вода; жир	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	0,083
13	Золи та шлаки від інсинератору	Спалювання відходів в інсинераторі	кальцію оксид; кремнію діоксид; натрію оксид; хлориди; магнію оксид; алюмінію оксид; калію оксид; залізо (III) оксид; титану діоксид; фосфору оксид; барій; сірка; вода; цинк; мідь; марганцю оксид;	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	0,065

№	Найменування виду відходу	Походження відходу	Склад відходу (найменування компонентів)	Поводження з відходами	Кількість утвореного відходу т/період (за 1 рейс - 65 діб)
			свинець; хром; нафтопродукти; ванадій; нікель; кобальт; миш'як; кадмій		
14	Мул стабілізований біологічних очисних споруд господарсько-побутових та змішаних стічних вод	Біологічне очищення господарсько-побутових і змішаних стічних вод	Вода, суха маса опадів, у тому числі: органічні речовини, азот нітратний, азот амонійний, загальний фосфор (P ₂ O ₅), калій (K ₂ O), кальцій; pH; до складу сухої маси можуть входити важкі метали	Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству	5,940
15	Харчові відходи від експлуатації камбуза	Збирання харчових відходів при експлуатації камбуза	Залишки приготування їжі, залишки їжі	Термічна обробка в інсинераторі	1,339
16	Нехарчові відходи від прибирання камбуза	Чищення та прибирання камбуза	папір, картон, полімерні матеріали, скло, метали, текстиль	Термічна обробка в інсинераторі (папір, картон, текстиль) Накопичення у спеціальних ємностях на судні. Передача у порту ліцензованому підприємству (скло, метал, полімери, кераміка)	2,21
17	Тверді лабораторні відходи	Лабораторні дослідження	Пробірки, колби, пляшки після промивки, засоби одноразового використання	Роздільне збирання, передача в порту ліцензованим компаніям	0,524
18	Лабораторні хімічні рідкі відходи	Лабораторні дослідження	Слабкі кислоти/луги після нейтралізації, промивні розчини	Злив у систему обробки стічних вод судна за погодженням з екологічними нормами	0,318
Всього відходів 4-го класу небезпеки					12,7535
Всього відходів, що утворюються за рейс					18,3345

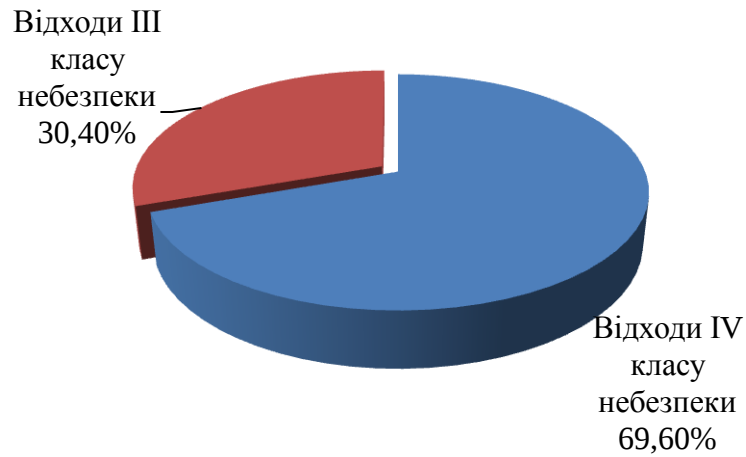


Рис. 3.2. Розподіл відходів за класами небезпеки



Рис. 3.3. Обсяги утворених різних видів відходів на борту судна за 1 рейс

Загальна кількість відходів, утворених на судні за досліджуваний рейс, становить 18,3345 тонн. Структура за масою показує, що найбільшу частку становить мул від очисних споруд – 5,94 т (32,4 % від загальної кількості). Це відходи, що утворюються внаслідок роботи суднових систем очищення стічних

вод і потребують належної утилізації відповідно до вимог MARPOL 73/78 та національного законодавства.

На другому місці за обсягом – відходи мінеральних моторних масел – 5,25 т (28,6 %), які є небезпечними та потребують здачі на берегові приймальні споруди або використання спеціалізованих установок для утилізації.

Далі йдуть тверді побутові відходи (ТПВ) – 4,42 т (24,1 %), що утворюються внаслідок життєдіяльності екіпажу та від прибирання камбузу. Їх обробка здійснюється переважно методом інсинерації з подальшою утилізацією залишків (золи та шлаків).

Харчові відходи становлять 1,339 т (7,3 %), вони піддаються термічному знешкодженню в інсинераторі.

Лабораторні відходи – 1,056 т (5,8 %) – належать до III–IV класу небезпеки залежно від складу та потребують спеціального збору, маркування і здачі ліцензованим підприємствам.

Інші види відходів утворюються у незначних кількостях (менше 1 % кожного): освітлювальні прилади, що втратили споживчі властивості – 0,002 т; фільтри відпрацьовані – 0,03 т; Відходи жировловлювачів – 0,083 т; нафтовмісні відходи – 0,0895 т; зола і шлаки інсинератора – 0,065 т (рис. 3.4).

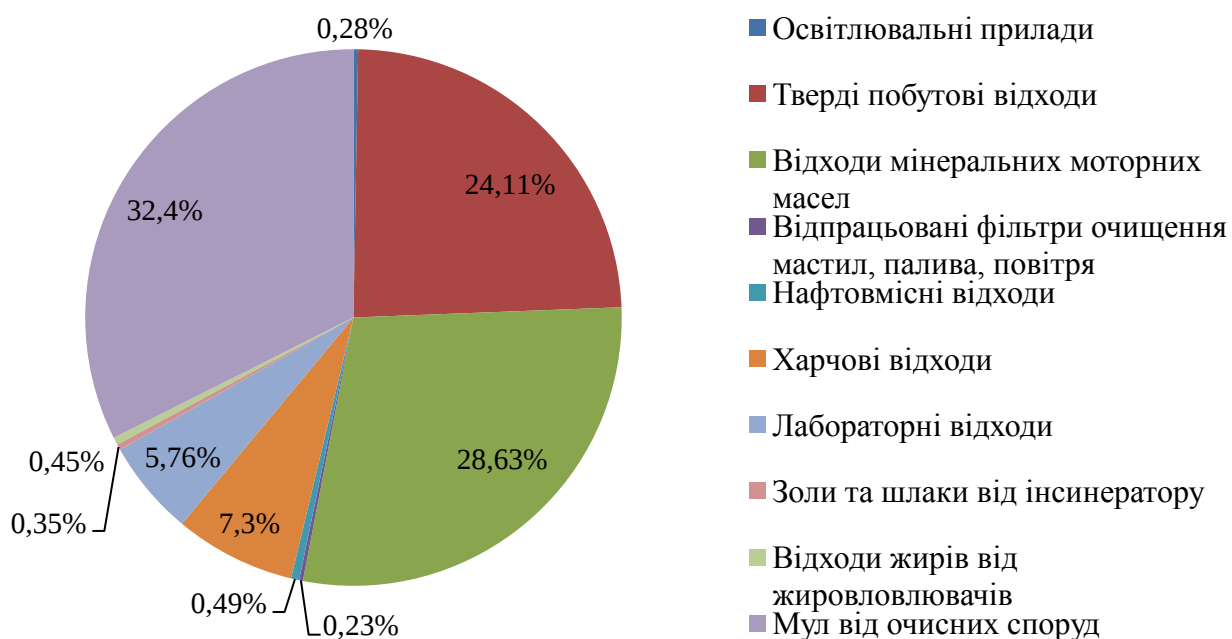


Рис. 3.4. Питома вага різних видів відходів на борту судна

Таким чином, три основні групи – мул від очисних споруд, відпрацьовані моторні масла та ТПВ – формують близько 85 % загального обсягу відходів. Саме для них необхідно планувати найбільші місткості для зберігання, передбачати оптимальні технології обробки та своєчасну здачу на берег. небезпечні відходи (моторні масла, лабораторні, нафтовмісні, відпрацьовані фільтри, освітлювальні прилади) потребують особливого контролю та дотримання процедур, визначених міжнародними і національними нормативами.

Більшу частину відходів, що утворюються під час рейсу судна 70%, буде передано ліцензованим компаніям, 30% знешкоджено шляхом спалювання в інсинераторі, встановленому на судні.

РОЗДІЛ 4

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА БОРТУ СУДНА ТА ЇХ КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА

4.1 Знешкодження відходів на судні шляхом спалювання в інсинераторі

На досліджуваному судні передбачається встановлення інсинератора TeamTec Logi Incinerator, який відповідає сучасним стандартам та здатний спалювати як тверді побутові відходи, так і нафтовмісні залишки, що накопичуються під час експлуатації двигунів. Процес спалювання відбувається за температур 850–1200 °C, що забезпечує ефективне знищення органічних сполук, включаючи небезпечні речовини, а також знезараження біологічних відходів.

В інсинераторі на судні буде знешкоджено частину відходів (30% від загальної кількості), що зменшить кількість відходів, які вивозять на берег. Потрапляння відходів виробництва і споживання в навколишнє середовище не прогнозується. Непрямий вплив на довкілля під час поводження з відходами буде пов'язаний з викидами від інсинератора та з діяльністю транспортування відходів до точки їхньої кінцевої утилізації, знешкодження, розміщення або оброблення.

Таблиця 4.1 Знешкодження судових відходів в інсинераторі

№	Найменування виду відходів	Клас небезпеки	Обсяги знешкодження відходів, тонн
1	Осад механічного очищення нафтовмісних стічних вод, що містить нафтопродукти в кількості 15% і більше	3	0,031
2	Сміття від побутових приміщень суден	4	2,21 x 90% = 1,99
3	Харчові відходи камбузу	4	1,339 x 95% = 1,272
4	Нехарчові відходи камбузу	4	2,21 x 90% = 1,99
Всього відходів			5,252

Нова модель інсинератора TeamTec Logi Incinerator – це спрощений, легший і компактніший інсинератор для розміщення на борту судна (рис. 4.1, табл. 4.2).



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд інсинератора TeamTec Logi (Норвегія)

Таблиця 4.2. Основні технічні характеристики інсинератора TeamTec Logi

№	Характеристика	Значення
1	Максимальна теплова потужність, кВт	524
2	Продуктивність по шламу, л/год	69
3	Потужність завантаження партії твердих відходів, л/завантаження	270
4	Номінальна потужність електроживлення (440 В/60 Гц), кВт	10
5	Габаритні розміри інсинератора Д/Ш/В, мм	1232 / 1326 / 1975
6	Мінімальний простір для обслуговування ДхШхВ, мм	2010 / 1870 / 1975
7	Діаметр димоходу, мм	350 /400
8	Камера спалювання, кг	1319
9	Вентилятор димоходу, кг	312
10	Резервуар(и) для шламу, л	1000
11	Бак дизельного палива, л	400

Інсинератор TeamTec Logi має низку переваг:

- пальник, встановлений зверху, оптимізує розподіл тепла для чистого та ефективного спалювання;

- версії зі шлюзом для подачі твердих відходів і без нього, а також зі спалюванням осаду або без нього;

- легкий доступ до сервісного обслуговування та зменшена площа обслуговування

Зібрані дані про роботу обладнання можна легко передати через SD/USB електронною поштою в сервісний відділ TeamTec для аналізу. Це допомагає з: оптимізацією продуктивності обладнання; швидким виявленням несправностей і діагностикою профілактичне обслуговування: прогнозування термінів заміни зношених деталей і чітке повідомлення про необхідність виконання робіт для підтримання продуктивності та ефективності сміттеспалювальної установки.

Інсинератор TeamTec Logi має низькі експлуатаційні витрати. Завдяки унікальному принципу високотемпературного спалювання в циклоні може спалювати відпрацьоване мастило (шламове мастило) з вмістом води до 50% без використання допоміжного палива, що робить такі інсинератори одними з найекономічніших на ринку. У системі очищення масла в інсинераторі TeamTec немає сит або фільтрів, і це, на додаток до низки інших переваг, зводить витрати на технічне обслуговування до абсолютного мінімуму.

Інсинератори TeamTec мають один із найменших у світі розмірів і займають мало місця. Навіть найбільші моделі мають компактну конструкцію, і їх можна легко встановити на борту судна в умовах обмеженого простору.

Загалом, вплив на довкілля під час поводження з відходами оцінюють як допустимий і він відповідає законодавчо-нормативним вимогам міжнародних документів у галузі охорони довкілля.

4.2 Сепаратор нафтовмісних вод

На судні передбачається встановлення сепаратора нафти RWO OWS-COM (виробник – RWO Marine Water Technology, Німеччина). Сепаратори типу RWO випробувані та допущені до експлуатації Німецьким Ллойдом

відповідно до вимог конвенції. Ступінь очищення після обробки нафтовмісних вод менше 6 мл/л (рис. 4.2, табл. 4.3).



Рис. 4.2. Зовнішній вигляд сепаратора нафти RWO OWS-COM

Таблиця 4.3. Основні характеристики обраного сепаратора нафти

Тип	Продуктивність, м ³ /год	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Потужність, кВт	Вага порожнього, кг
0,1	0,1	715	650	1100	0,8	125

Сепаратор нафтовмісних (ляльних, підсланьових) вод RWO призначений для очищення вод, відкачаних з ляль машинного відділення, від нафтопродуктів і припинення їхнього скидання за борт у разі перевищення вмісту нафтопродуктів у воді на виході 5 ppm (parts per million – частинок на мільйон).

Сепаратор забезпечує очищення всіх нафтовмісних вод з машинних приміщень незалежно від виду нафтопродуктів, що використовуються на судні, включно з важкими сортами пального і водомасляними емульсіями.

Принцип роботи сепаратор нафти RWO OWS-COM ґрунтується на коалесценції. Коалесцери пов'язують дрібні краплі нафти в краплі олії, які потім піднімаються швидше відповідно до закону Стокса. Коалесцируючі елементи, на поверхні яких осідають дрібні краплі нафти, сприяють коалесценції дрібніших крапель і забезпечують швидший і повний поділ водонафтової емульсії на когерентні фази. В результаті легша нафта збирається на поверхні, а очищена вода залишається в нижній частині резервуара маслоотделителя, звідки її можна злити і перекачати через другий ступінь масловідділювача тонкої фільтрації. На цьому другому ступені фільтрації емульсії поділяються фільтрами з активованим вугіллям, а вуглеводні, які ще присутні у воді, зв'язуються. Завдяки цьому процесу можна досягти концентрації значно нижче 5 ppm. Частинки прилипають до фільтруючих картриджів. Згодом, залежно від ступеня забруднення, фільтри з активованим вугіллям насичуються.

Перед скиданням за борт датчик вимірює, чи досягнута в результаті даної обробки задана максимальна концентрація залишкової нафти, наприклад, 15 ppm. Якщо вона все ще вища, суміш зазвичай перекачується назад у танк ляльних вод. Система OWS-COM оснащена блоком вимірювання вмісту нафти, який проводить вимірювання до та після другого ступеня сепарації нафти. Якщо перший етап коалесценції вже досягнув бажаного результату, очищена вода скидається безпосередньо з судна, минаючи другий ступінь фільтрації. Такий підхід продовжує термін служби картриджів з активованим вугіллям і знижує енергоспоживання.

Важливими компонентами очищення є оригінальні картриджі з активованим вугіллям RWO. Вони спеціально розроблені та виготовлені для високоефективного видалення вільних, диспергованих та емульгованих олій з води. Активоване вугілля адсорбує вуглеводні і фактично зв'язує нафту за дуже короткий час. Вода надходить у картридж радіально, а адсорбційний матеріал миттєво інкапсулює та твердне масло.

На рис. 4.3 наведено схему установки RWO для очищення нафтовмісних лляльних вод. Сепаратор складається з гравітаційного сепаратора 1 типу GSF з трубопроводами, що підводять і відводять води, і додатково включеного фільтра 17.

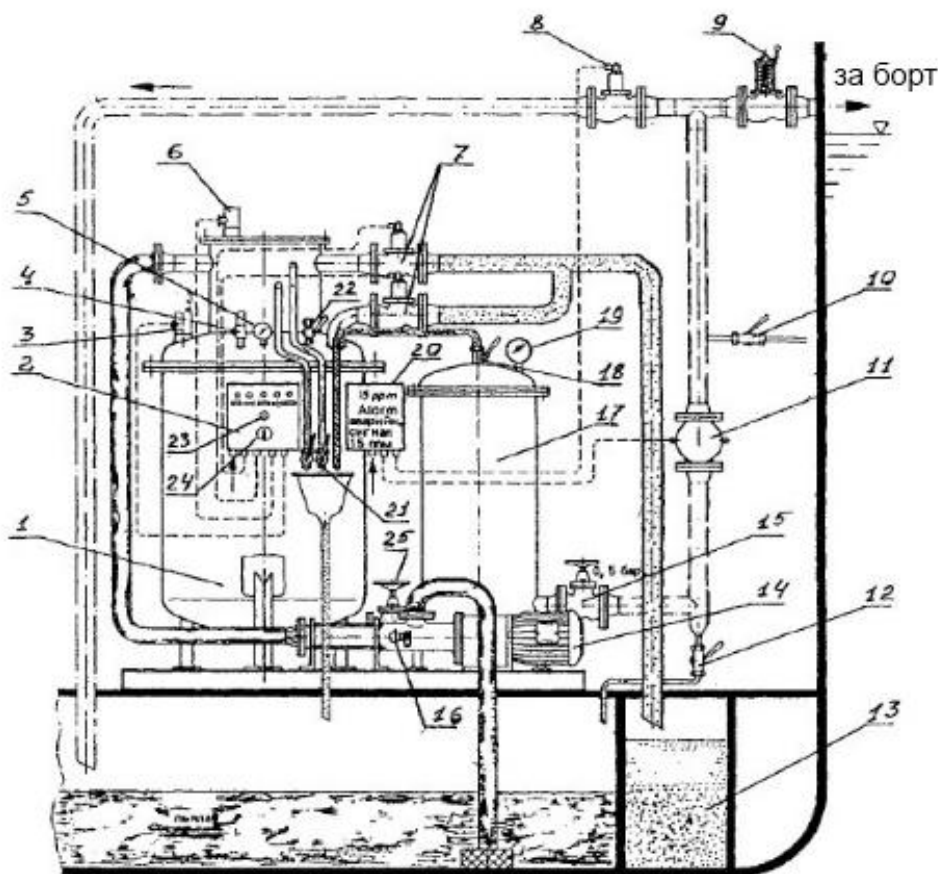


Рис. 4.3. Схема установки RWO:

1 – корпус сепаратора; 2 – пульт керування; 3 – виводи датчика контролю вмісту нафтопродуктів; 4 – запобіжний клапан; 5 – манометр; 6 – виводи датчика контролю вмісту нафтопродуктів; 7 – пневмоавтоматичні поршневі клапани скидання нафтопродуктів у збірний танк; 8 – електропневматичний клапан повернення лляльної води в разі підвищення нафтовмісту в ній вище за 15 мл/л; 9 – пружний клапан зливу води за борт; 10 – кран подачі води для промивання; 11 – аварійний датчик сигналізації в разі підвищення нафтовмісту у воді, що зливається, вище за 15 мл/л; 12 – кран зливу води; 13 – збірний танк нафтопродуктів; 14 – гвинтовий насос; 15 – запірно-неповоротний клапан виходу чистої води; 16 – соленоїдний клапан захисту гвинтового насоса; 17 – корпус фільтра; 18 – кран видалення нафтопродуктів і повітря; 19 – манометр; 20 – шафа аварійної сигналізації; 21 – крани зливу нафтопродуктів із сепаратора; 22 – кран видалення повітря із сепаратора; 23 – контрольна кнопка роботи системи автоматики; 24 – головний вимикач системи автоматики; 25 – запірний клапан між сепаратором і фільтром

Ексцентриковий однороторний гвинтовий насос 14 сепаратора розміщений на одному фундаменті з сепаратором і фільтром, має захист від роботи насухо, для чого він обладнаний соленоїдним клапаном 16. Під час роботи насос 14 засмоктує НВ з льял машинного відділення і подає її у верхню частину гравітаційного сепаратора 1. Гравітаційний сепаратор призначений для попереднього очищення НВ, до вмісту нафтопродуктів менш як 100 мл/л, тобто для розділення грубодиспергованих нафтових емульсій.

Корпус сепаратора являє собою зварену конструкцію зі сталі, захищену від корозії з внутрішнього і зовнішнього боків шарами антикорозійного покриття, стійкого проти забортної води. Зовні гравітаційний сепаратор обладнаний запобіжним клапаном 4, манометром 5, виводами від датчиків 3 і 6, що визначають вміст нафтопродуктів у ковпаках сепаратора. Нафтопродукти, що зібралися в ковпаку сепаратора, відводяться через пневматичні поршневі клапани 7 у збірний танк нафтопродуктів 13. Контрольні крани 21 служать для візуального контролю наявності нафтопродуктів у ковпаках сепаратора.

Повітряний кран 22 призначений для випуску повітря із сепаратора в період його заповнення.

Вода, що містить нафтопродукти, проходить через гравітаційний сепаратор і надходить у фільтр 17. Фільтр із фільтрувальним патроном і зачисним трубопроводом призначений для тонкого очищення нафтовмісних вод до залишкового вмісту нафти – 5 мл/л.

Нафтопродукти, що зібралися в ковпаку, відводяться через керований вручну повітряний кран 18. Тиск у системі і в корпусі фільтра підтримується підпружиненим клапаном на випуску очищеної води. Ступінь відокремлення нафтопродуктів від води є постійними за тиску до 0,2 МПа. Тому за постійного тиску 0,1 МПа в корпусі фільтра і підвищення тиску в сепараторі до 0,25 МПа є ознакою забруднення фільтрувального патрона, який необхідно замінити.

Схема руху нафтовмісних вод у сепараторній установці «RWO» наведена на рис. 4.4.

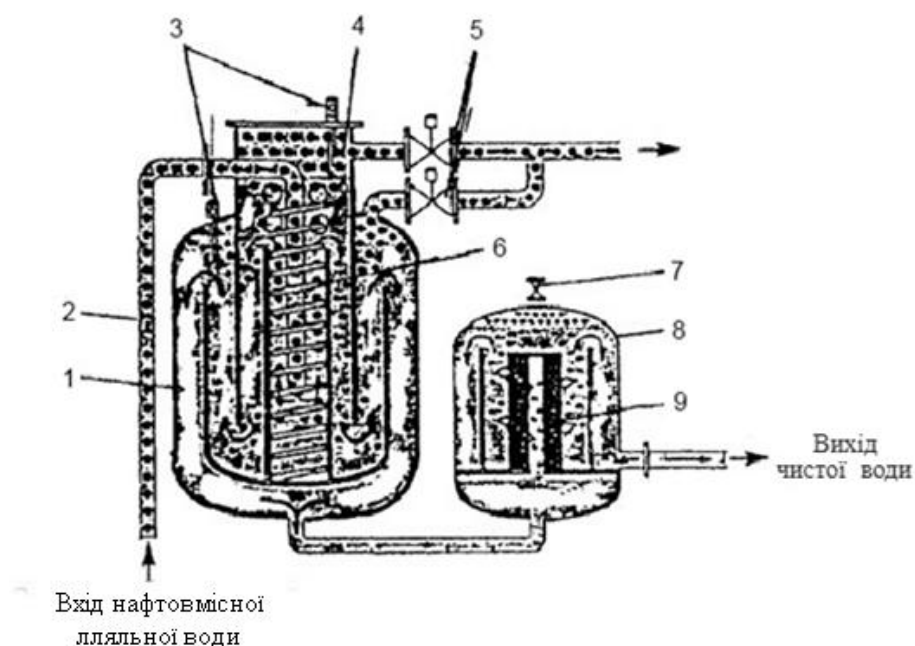


Рис. 4.4. Схема руху нафтовмісної лляльної води в сепараторі та фільтрі:

1 – корпус сепаратора; 2 – трубопровід входу нафтовмісних вод у сепаратор; 3 – виводи електродів; 4 – верхній ковпак збору нафти; 5 – пневмоавтоматичні поршневі клапани скидання нафти; 6 – змійовик обігріву емульсії; 7 – спускний кран нафти з ковпака фільтра; 8 – корпус фільтра; 9 – фільтрувальний патрон.

Насос під тиском подає лляльну воду в гравітаційний сепаратор трубопроводом 2. У корпусі сепаратора за рахунок примусової циркуляції потік суміші проходить систему кільцевих камер, перерізи яких розраховані так, щоб підйомна сила нафтопродуктів у протитечії пододала поверхнєве тертя у воді, і нафтопродукти таким чином піднімалися у верхню частину сепаратора. Цьому процесу сприяють ділянки сповільнення і прискорення, а також підігрів емульсії в змійовику 6, так, щоб навіть найдрібніші частинки нафтопродуктів були відокремлені від води.

Відокремлені від води нафтопродукти збираються в ковпаку 4 сепаратора, у двох відокремлених одна від одної зрівняльних камерах. Кількість нафтопродуктів реєструється датчиком 3 з чутливими елементами і системою автоматичного контролю. Нафтопродукти, що зібралися в ковпаку сепаратора, відводяться через два пневматичні поршневі клапани 5, попередньо

відрегульовані на тиск повітря від 0,40 МПа до 0,60 МПа, у збірний танк нафтопродуктів 13.

Вода, попередньо очищена від нафтопродуктів до значень менш ніж 100 мл/л і, здебільшого, звільнена від механічних домішок, надходить до фільтра 8, у якому, проходячи через фільтрувальний патрон 9 і зачисні трубки, очищається до залишкового вмісту в ній нафтопродуктів 5 мл/л.

Нафтопродукти, що зібралися в ковпаку фільтра, відводяться через кран 7, керований вручну або автоматично. Значення тиску близько 0,10 МПа в системі і в корпусі фільтра підтримується підпружиненим клапаном зливу очищеної води за борт. Таке налаштування забезпечує нормальну роботу сепаратора і стік нафтопродуктів у збірний танк.

Приймальні та напірні патрубки з'єднані байпасом малого діаметру, який служить захистом від роботи всуху доти, доки нагнітальний трубопровід не заповниться водою. На байпасі встановлено соленоїдний клапан, під'єднаний до системи пуску насоса, який відкривається, після введення його в дію.

Перевагами сепараторів RWO є: висока продуктивність; компактність; проста установка і монтаж; постійний контроль стоків, що здійснюється автоматично; мінімальна витрата матеріалів.

4.3 Технологія очищення суднових стічних вод

Одним із головних джерел забруднення морського середовища є стічні води, що утворюються під час життєдіяльності екіпажу та пасажирів, роботи камбуза, пральних та господарських систем, а також функціонування суднової лікарні.

Відповідно до Міжнародної конвенції MARPOL 73/78 (Додаток IV), зливання неочищених стічних вод у море суворо обмежується і допускається лише на певній відстані від берега, за дотримання спеціальних умов. Це обумовлено тим, що стічні води містять: органічні речовини, які призводять до евтрофікації морських вод та зменшення вмісту кисню; патогенні

мікроорганізми, здатні поширювати інфекційні захворювання серед людей і тварин; детергенти, жири, хімічні реагенти, що спричиняють токсичний вплив на морські екосистеми; фармацевтичні залишки та біологічні рідини (у лікарняних стоках), які становлять особливу небезпеку для здоров'я та біорізноманіття.

З огляду на це, очищення стічних вод на борту судна є критично важливим завданням екологічної безпеки. Воно забезпечує:

- виконання міжнародних екологічних стандартів і запобігання штрафам чи арешту судна;
- захист морських екосистем від надмірного забруднення органікою, мікробами та токсичними сполуками;
- збереження санітарно-гігієнічних умов на борту, що безпосередньо впливає на здоров'я екіпажу та пасажирів;
- можливість повторного використання води після належної обробки, що є важливим у тривалих рейсах.

У системах суднової життєзабезпечувальної інфраструктури відходи води умовно поділяють на чорні та сірі.

Чорна вода. Джерелом її утворення є санітарно-технічні вузли (туалети, унітази, біде). Склад: фекальні відходи, сеча, папір, велика кількість органічних речовин та мікроорганізмів (у т.ч. патогенні). Це найнебезпечніший вид стічних вод, що потребує спеціальної обробки перед скиданням у море відповідно до MARPOL Annex IV.

Сіра вода. Джерелами її утворення є: душові, умивальники, пральні машини, камбуз, господарські мийки. Склад: мийні засоби, залишки їжі, жири, мило, косметика, мікроорганізми, але вміст патогенів значно менший, ніж у чорній воді. Сіра вода вважається менш небезпечною, проте при накопиченні спричиняє неприємний запах і може створювати екологічні проблеми. Часто зберігається у спільних танках із чорними водами або обробляється окремо.

Сіра вода медичного блоку. Джерело утворення: мийки, душові, стерилізаційні прилади, техніка для обробки інструментів у судновому

медичному блоці. Склад: миючі розчини, залишки ліків, дезінфектантів, сліди крові, біологічних рідин, патогенних мікроорганізмів. Це вода хоча формально належить до сірої води, але за рівнем небезпеки наближається до чорної, оскільки може містити інфекційні агенти та фармацевтичні речовини. Тому її рекомендують накопичувати та обробляти як особливі стічні води лікарні.

Таким чином, очищення стічних вод на борту судна є не лише вимогою міжнародного морського права, але й важливою умовою збереження екологічної рівноваги океану та безпечної експлуатації суден.

На борту науково-дослідного судна передбачена установка система обробки стічних вод DVZ-SKA-30 «BIOMASTER»®-PLUS (Німеччина). Це біологічна установка для очищення стічних вод, сертифікована відповідно до резолюції ІМО МЕРС.159 (55).

За своїми технічними характеристиками установка DVZ-SKA-30 «BIOMASTER»-PLUS здатна очищати стічні води від більш ніж 30 осіб на борту. Сіру воду з кухні та камбуза слід пропускати через жироловлувач. Сіра та чорна вода збирається у вбудованому буферному резервуарі.

Біологічна установка DVZ-SKA-30 «BIOMASTER»-PLUS розроблена з використанням нового «процесу біоплівки з зануреним нерухомим шаром» та має такі переваги:

- компактна конструкція, оптимізована для використання на суднах із обмеженим простором;
- повністю автоматизоване керування, що знижує потребу в обслуговуванні екіпажем, безперебійна робота, низькі експлуатаційні витрати.
- стійка робота при нерівномірному надходженні стоків (зміни навантаження на систему);
- відсутність неприємних запахів завдяки безперервній аерації;
- висока ефективність знезараження, включаючи знищення кишкової палички та вірусів. Процес біоплівкового очищення в нерухомому шарі забезпечує чудові результати очищення. До 150 разів більше активної площі порівняно із звичайними системами;

- використання методу повністю аеробного очищення стічних вод запобігає утворенню метану;
- конструкція з нержавіючої сталі.

Біологічне очищення стічних вод на судні використовує природні процеси розкладання органічних речовин за допомогою активного мулу (спеціальних бактерій і мікроорганізмів). Основна мета установки – привести стічні води до рівня, що допускається для їх скидання у водойми (рис. 4.5 – рис. 4.7, табл. 4.4).



Рис. 4.5. Зовнішній вигляд установки DVZ-SKA-30 "BIOMASTER"-PLUS

Таблиця 4.4. Основні характеристики DVZ-SKA-30 «BIOMASTER»-PLUS

№	Характеристика	Значення
1	Габаритні розміри Д/Ш/В, мм	2345 / 1465 / 1525
2	Маса, кг	1055
3	Кількість осіб на борту	30-35
	Пропускна здатність:	
4	чорна вода, л/добу	750
5	сіра вода, л/добу	3300
6	сіра вода медичного блоку, л/добу	110
7	Загальна кількість чорних та сірих вод, л/добу	4160
8	Об'єм вбудованого буферного резервуара, л	1350
9	Максимальний гідравлічний тиск за годину, л/год	340

10	Гідравлічне навантаження, м ³ /добу	7,40
11	Органічне навантаження, кг/добу	390
12	Система управління, електроживлення	3х440 В, 60 Гц

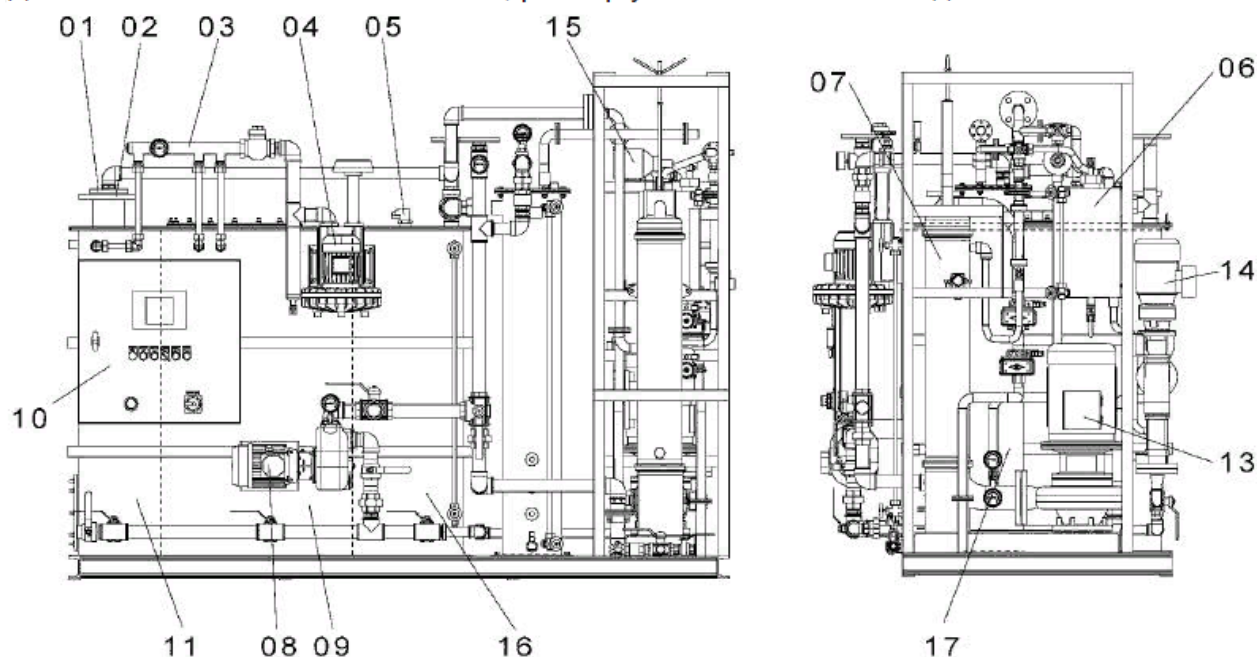


Рис. 4.6. Конструктивні елементи установки DVZ-SKA-30 «BIOMASTER»-PLUS: 01– впуск стічних вод; 02 – вентиляція (повітровідвідник); 03 – повіторозподільна труба; 04 – повітродувка (G1); 05 – датчик рівня (електрод); 06 – резервуар СІР для BMSU; 07– мембрана BMSU; 08 – нагнітальний насос (P6); 09 - резервуар для обробки з біореактором; 10 – MCC / PLC (логотип); 11 – резервуар для попереднього очищення; 13 – переливний насос BMSU (P1); 14 – завантажувальний насос BSMU (P2); 15 – PHV (клапан підтримки тиску); 16 – контрольний бак; 17 – BMSU.

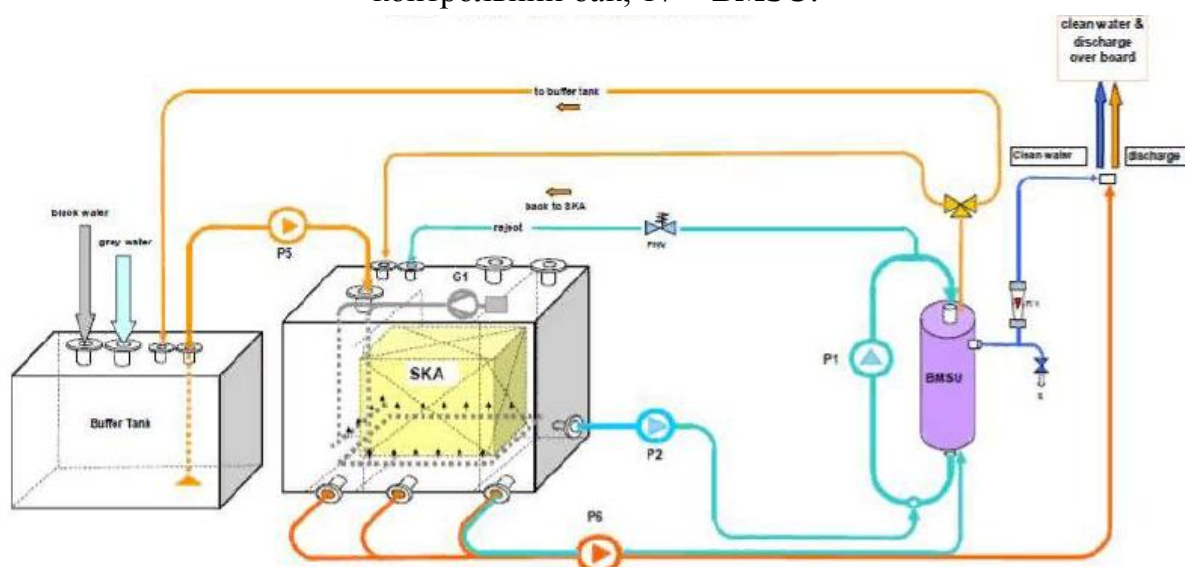


Рис. 4.7. Принцип роботи установки біологічного очищення стічних вод DVZ-SKA-30 «BIOMASTER»-PLUS (із вбудованим резервуаром)

Основні етапи роботи установки

1. **Приймання стічних вод та первинна обробка.** Стічні води з санітарних вузлів, камбуза, душових і лікарняних приміщень надходять у приймальну камеру, де здійснюється механічне видалення великих включень.

2. Аераційна камера (біореактор):

- у цій зоні стічні води змішуються з активним мулом, що містить аеробні мікроорганізми;
- через систему аерації подається стиснене повітря, яке забезпечує інтенсивне насичення киснем;
- мікроорганізми розкладають органічні домішки (БСК та ХСК), переводячи їх у стабільні сполуки (вуглекислий газ, воду, біомасу).

3. Відстійник (сепарація активного мулу)

- потік очищеної води надходить у відстійник;
- тут відбувається розділення активного мулу та очищеної рідини;
- осаджений мул частково повертається в біореактор (рециркуляція), а надлишковий мул періодично видаляється у спеціальний танк.

4. **Фільтрація.** Перед скиданням у море вода проходить доочищення на фільтрувальних елементах.

5. **Виведення очищеної води.** Вода, що відповідає міжнародним стандартам ($\text{БСК}_5 \leq 25$ мг/л, завислі речовини ≤ 35 мг/л, відсутність патогенів), може бути безпечно скинута за борт у дозволених районах.

Переваги біологічного очищення стічних вод на суднах наступні:

- дотримання екологічних стандартів. Система дає змогу відповідати міжнародним і місцевим правилам з управління стічними водами, що особливо актуально в охоронюваних водоймах;
- зниження забруднення. Очищаючи стічні води, установки допомагають захистити морські та річкові екосистеми, уникаючи забруднення;
- економія ресурсів. Сучасні технології очищення дають змогу мінімізувати споживання електроенергії та реагентів, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат;

- довговічність і стійкість. Сучасні установки спроектовані з урахуванням жорстких умов експлуатації на судні, що забезпечує їхню довговічність і надійність.

4.4 Комплексна екологічна оцінка впливу систем поводження з відходами на морські екосистеми

Комплексна екологічна оцінка є ключовим інструментом визначення рівня впливу суднових систем поводження з відходами на морське середовище. Основна мета такої оцінки – виявити, які технології сприяють зменшенню екологічних ризиків, а які потребують додаткових заходів контролю чи модернізації.

На борту судна формується широкий спектр відходів, серед яких:

- тверді побутові відходи (пластик, папір, метал, скло), що можуть спричиняти механічне засмічення акваторій та загибель морських організмів;
- харчові відходи, які у разі скидання у воду створюють локальне органічне забруднення та змінюють біологічний баланс екосистем;
- нафтовмісні відходи та стічні води, що містять токсичні вуглеводні, важкі метали та ПАВ;
- лабораторні та небезпечні відходи, які потенційно належать до II–IV класу небезпеки і несуть ризик хімічного забруднення;
- золи та шлаки інсинераторів, які можуть містити діоксини, фурани та важкі метали.

Системи поводження з відходами впливають на морські екосистеми за такими основними напрямками:

- хімічний вплив – викиди токсичних газів при інсинерації, потрапляння у воду нафти та хімікатів;
- фізичний вплив – механічне засмічення морських акваторій пластиком та металами;

- біологічний вплив – зміна природних трофічних ланцюгів, розвиток патогенної мікрофлори у разі неконтрольованого скиду органічних відходів;
- кумулятивний вплив – накопичення важких металів та стійких органічних забруднювачів у донних відкладах.

В рамках комплексної оцінки виконано аналіз екологічної ефективності різних систем та методів поводження з відходами на борту судна, яка визначається за критеріями: зменшення кількості відходів, мінімізація ризиків забруднення морського середовища, відповідність міжнародним стандартам (MARPOL 73/78, ISO 14040), енергоефективність та можливість подальшої утилізації.

Таблиця 4.5. Екологічна ефективність різних систем і технологій поводження з відходами

Технологія / система	Зменшення обсягу відходів	Зниження токсичності	Вплив на морське середовище	Вплив на атмосферне повітря	Відповідність MARPOL / стандартам	Загальна екологічна ефективність
Механічні системи та методи (подрібнювачі, сортування, пакування)	Середній (30–50 %)	Низький	Мінімальний (за умови передачі у портах)	Відсутній	Висока	Середня
Термічні системи (інсинератори)	Високий (85–95 %)	Середній (залишковий попіл токсичний)	Низький (за умови утилізації золи в порту)	Високий (викиди NO _x , SO _x , діоксини)	Середня (потрібні системи очищення)	Середня / низька
Системи очищення нафтовмісних вод (сепаратор)	Середній	Високий (≤15 ppm)	Значно знижений ризик забруднення моря	Відсутній	Висока	Висока
Біотехнології очищення стічних вод	Високий	Високий	Мінімальний (стоки практично нейтральні)	Відсутній	Висока	Дуже висока
Управління небезпечними відходами (герметичне зберігання та передача у портах)	Низький	Дуже високий (виключає потрапляння у довкілля)	Відсутній	Відсутній	Висока	Дуже висока

Порівняння екологічної ефективності різних систем поводження з судновими відходами можна представити за 5-ти бальною шкалою, де 5 балів найвища екологічна ефективність і найменше виникає екологічних ризиків (рис. 4.8).

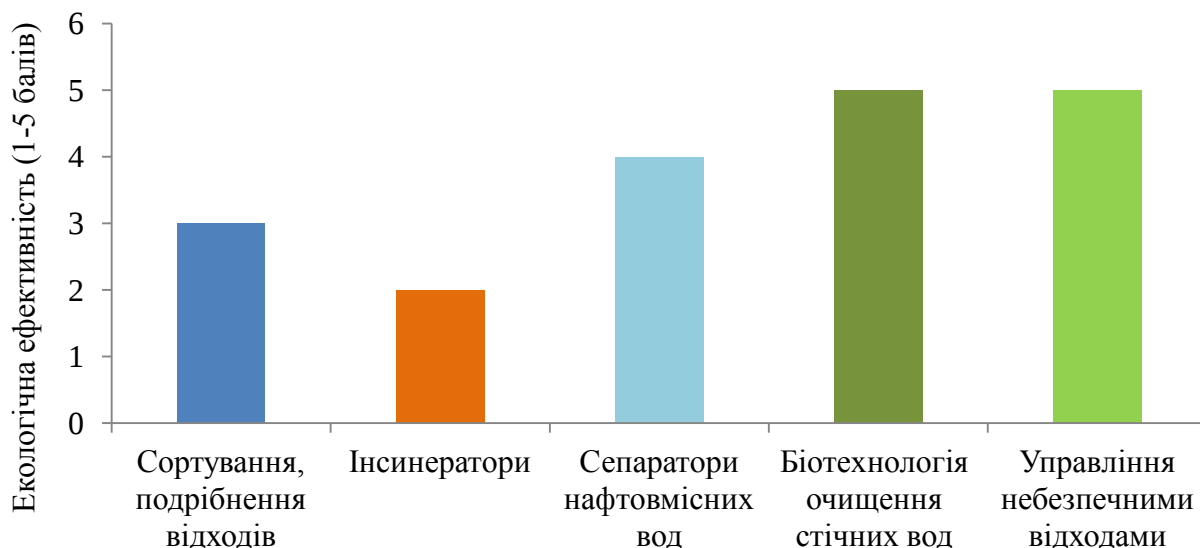


Рис. 4.8. Порівняння екологічної ефективності систем та технологій поводження з судновими відходами

За результатами аналізу можна визначити потенційні екологічні ризики систем та технологій поводження з відходами на борту судна:

- механічні технології (сортування, пресування, подрібнення): забезпечують зручність транспортування та зберігання, але не зменшують токсичність відходів. Неправильне пакування може призвести до витоків або потрапляння мікропластику в море;
- термічні методи (інсинерація): ефективно зменшують обсяг відходів, але супроводжуються утворенням токсичних викидів (NO_x , SO_x , діоксини, важкі метали). Зола та шлак потребують спеціальної утилізації на березі;
- біотехнології (очисні споруди, біореактори): дозволяють суттєво зменшити вміст органічних забруднень у стічних водах, але ефективність залежить від стабільності мікробіологічних процесів і належного технічного обслуговування;

- очищення нафтовмісних вод (сепаратори): дозволяє знизити вміст нафти у скидах до нормативів (<15 мг/л), однак утворюються залишки шламу, які потрібно зберігати на борту та передавати в порт;

- управління небезпечними відходами (батареї, люмінесцентні лампи, фарби, хімічні реагенти) передбачає на борту судна їх тимчасово зберігання у герметичній тарі з подальшою передачею у порти до спеціалізованих підприємств. Цей метод вважається найбільш екологічно ефективним, оскільки виключає потрапляння токсичних речовин у довкілля, однак потребує суворого контролю та чіткої організації логістики.

Узагальнюючи, можна відзначити, що найбільш безпечними для морських екосистем є біотехнології очищення стічних вод, оскільки вони мінімізують прямий вплив на гідросферу. Інсинератори забезпечують скорочення обсягів ТПВ, але створюють ризики для атмосферного повітря. Механічні методи є допоміжними та сприяють ефективній логістиці відходів, тоді як очищення нафтовмісних вод є критично важливим для запобігання забрудненню акваторії нафтопродуктами.

Таким чином, екологічна ефективність досягається лише за умови комплексного використання різних технологій у поєднанні з жорстким контролем викидів, збором залишкових продуктів та їх передачею на береги для безпечної утилізації.

Для зменшення *екологічних ризиків* рекомендовано впровадження наступних заходів:

- застосування енергоефективних та низькоемісійних інсинераторів з системами фільтрації;

- обов'язкове передавання небезпечних відходів у портах для спеціалізованої утилізації;

- розвиток біотехнологічних установок для переробки харчових відходів у біогаз навіть у компактному судновому форматі.

4.5 Розрахунок інтегрального екологічного індексу впливу систем та технологій поводження з відходами на довкілля

Методика розрахунку інтегрального екологічного індексу впливу відходів на морське середовище базується на принципах, закладених у ISO 14040:2006, які передбачають ранжування екологічних характеристик, зважування та агрегування у інтегральний показник [51]. Подібний підхід застосовується в методиках оцінки екологічного сліду (Environmental Footprint Methods), розроблених Joint Research Centre Європейського Союзу [56, 64]. Також використано матеріали дослідження Michihiro Kameyama, Katsuhide Hiraoka, Hiroaki Tauchi [52], в якому представлена методика оцінки екологічного впливу судна протягом усього життєвого циклу, включаючи комплексний інтегральний індекс. У кваліфікаційній роботі адаптовано й конкретизовано зазначені принципи та методики через розраховану масу відходів, специфічні коефіцієнти небезпеки та облік технічних захисних заходів та технологій, що передбачені на борту досліджуваного судна.

Нижче наведено методику та розрахунок інтегрального екологічного індексу впливу (IEI) для досліджуваного судна за 1 рейс.

Крок 1. Для кожного потоку відходів i задаємо параметри:

m_i – маса певного виду відходів (т/рейс);

s_i – специфічний фактор екологічної небезпеки (бал/т), 2–9 балів. Чим вища токсичність/ризик потрапляння у море чи утворення токсичних викидів, тим більший бал;

η_i – коефіцієнт зниження ризику (0–1), який враховує наявні на борту системи та технології поводження з відходами (сепаратор RWO, інсинератор, біоочисні споруди, герметичне зберігання та передача у порт тощо).

Крок 2. Розраховуємо первинний (без заходів) та залишковий внески екологічного впливу:

$$I_i^{\text{перв}} = m_i \cdot s_i, \quad (4.1)$$

$$I_i^{\text{залиш}} = m_i \cdot s_i \cdot (1 - \eta_i). \quad (4.2)$$

Примітка. s_i та η_i – експертні коефіцієнти, які можна уточнювати під конкретні умови судна, регламенти компанії та результати інструментального контролю.

Крок 3. Сумарні показники внесків екологічного впливу визначаємо за формулами:

$$I^{\text{перв}} = \sum I_i^{\text{перв}}, \quad (4.3)$$

$$I^{\text{залиш}} = \sum I_i^{\text{залиш}}. \quad (4.4)$$

Крок 4. Нормований інтегральний екологічний індекс (IEI) впливу відходів судна на морське середовище (0–100), де 100 – відсутність контролю, 0 – повне нівелювання впливу, буде визначатися наступним чином:

$$IEI = 100 \cdot \frac{I^{\text{залиш}}}{I^{\text{перв}}}. \quad (4.5)$$

Шкала інтерпретації інтегрального екологічного індексу: 0-30 – низький антропогенний вплив відходів судна на морське середовище; 30-60 – середній вплив; >60 – високий негативний антропогенний вплив.

Вхідні дані для розрахунку інтегрального екологічного індексу наведено в табл. 4.6. Результати розрахунку первинного та залишкового внесків екологічно впливу відходів судна на морське середовище наведено у табл. 4.7.

Таблиця 4.6. Вхідні дані для розрахунку інтегрального екологічного індексу (за 1 рейс)

Потік відходів	Маса, т	s_i (бал/т)	η_i (зниження ризиків)	Обґрунтування η_i (коротко)
Освітлювальні прилади	0,0506	5	0,80	Герметичне зберігання/передача в порт
ТПВ	4,42	3	0,50	Сортування + інсинерація/передача; комбінований ефект
Відходи мінеральних моторних масел	5,250	8	0,90	Збирання у шлам/передача, заборона скиду
Відпрацьовані фільтри	0,0414	6	0,70	Окремий збір, герметизація
Нафтовмісні відходи	0,0895	7	0,80	Сепарація RWO + зберігання залишків
Харчові відходи	1,339	2	0,60	Подрібнення/контейнери/контроль скидів
Лабораторні відходи	1,056	9	0,85	Окремі контейнери, передача спеціалізованим операторам
Золи та шлаки інсинератора	0,065	7	0,70	Окремий збір/передача в порт

Потік відходів	Маса, т	s_i (бал/т)	η_i (зниження ризиків)	Обґрунтування η_i (коротко)
Відходи жирів (жировловлювачі)	0,083	5	0,60	Вилучення/накопичення, передача
Мул від очисних споруд	5,94	4	0,50	Біообробка, але значні обсяги осаду

Таблиця 4.7. Результати розрахунку первинного та залишкового внесків екологічно впливу відходів судна на морське середовище

Потік відходів	$I_i^{перв} = m_i \cdot s_i$	$I_i^{залиш} = m_i \cdot s_i \cdot (1 - \eta_i)$
Освітлювальні прилади	0,253	0,0506
ТПВ	13,260	6,630
Відходи мінеральних масел	42,000	4,200
Відпрацьовані фільтри	0,2484	0,0745
Нафтовмісні відходи	0,6265	0,1253
Харчові відходи	2,678	1,0712
Лабораторні відходи	9,504	1,4256
Золи та шлаки	0,455	0,1365
Відходи жирів	0,415	0,1660
Мул від очисних споруд	23,760	11,880
Разом	93,1999	25,7597

За результатами розрахунків визначаємо індекс екологічного впливу за формулою (4.5):

$$IEI = 100 \cdot \frac{25,7597}{93,1999} = 27,6.$$

За прийнятою шкалою інтерпретації значення інтегрального екологічного індексу визначаємо, що рівень антропогенного впливу систем та технологій поводження з відходами, які передбачені на досліджуваному судні є низьким, що доводить їх ефективність.

Найбільші внески в залишковий вплив ($I_i^{залиш}$) мають:

1. Мул від очисних споруд – 11,88 (балів): за рахунок великих обсягів;
2. Тверді побутові відходи – 6,63: значний обсяг і неповне зниження через часткову інсинерацію та передачу до порту;
3. Відходи мінеральних масел – 4,20: висока небезпечність, попри добру організацію збору.

З урахуванням отриманих результатів інтегрального екологічного індексу розроблено комплекс заходів, які додатково можуть знизити ІЕІ та відповідно антропогенний тиск на морське середовище (табл. 4.8).

Таблиця 4.8. Рекомендовані заходи поводження з деякими видами суднових відходів, які додатково можуть знизити антропогенний тиск на довкілля

№	Вид відходу	Рекомендовані заходи
1	Мул від очисних споруд	• Згущення/дегідратація мулу (центрифуга), використання полімерів-флокулянтів. • Перехід на технологію мембранного біореактора або двоступеневе біоочищення.
2	Тверді побутові відходи	• Підвищення частки сортування та пресування пластику/картону. Мінімізація горючих матеріалів з хлором у подачі на інсинератор. • За можливості збільшення частки відходів для передачі у порту.
3	Відходи мінеральних масел	• Оптимізація роботи сепараторів палива/масла. • Контроль витоків. • Своєчасний дренаж.
4	Лабораторні відходи	• Уніфікація реагентів, використання екологічно безпечних реагентів. • Нейтралізація на борту для окремих потоків лабораторних відходів.

Отримані результати розрахунку інтегрального екологічного індексу свідчать про те, що системи поводження з відходами на борту досліджуваного судна мають різний рівень екологічного навантаження на морські екосистеми. Найбільший негативний вплив спостерігається у випадку застосування термічних технологій (інсинераторів), що пов'язано з викидами діоксидів сірки, азоту, дрібнодисперсних часток і залишкових токсичних компонентів. Натомість найбільш екологічно ефективними є системи сепарації нафтовмісних вод та біологічної очистки стічних вод, які значно знижують ризик забруднення морського середовища відповідно до вимог MARPOL. Отже, інтегральний індекс підтверджує доцільність комбінованого підходу до управління судновими відходами, що дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечити екологічну безпеку судноплавства.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПОВОДЖЕННЯ З СУДНОВИМИ ВІДХОДАМИ

5.1 Економічні аспекти ефективного управління відходами на судах

Ефективне управління відходами на морських судах має не лише екологічне, а й суттєве економічне значення. Витрати на збирання, зберігання, транспортування та утилізацію відходів безпосередньо впливають на собівартість експлуатації судна, а недотримання міжнародних та національних норм призводить до штрафів, затримок у портах та зниження репутації судноплавних компаній.

Сучасна концепція «забруднювач платить» , закріплена в міжнародних угодах та конвенціях (зокрема MARPOL 73/78), передбачає, що витрати на поводження з відходами покладаються на судновласників. Це стимулює впровадження економічно вигідних систем зменшення утворення відходів та їх переробки безпосередньо на борту.

Витрати судноплавної компанії на поводження з відходами можна поділити на такі основні групи:

1. *Капітальні витрати:*

- придбання та встановлення обладнання (інсинератори, подрібнювачі, сепаратори нафтовмісних вод, преси для сміття);
- модернізація систем зберігання та сортування відходів;
- інвестиції у біотехнологічні установки (анаеробні реактори, біофільтри).

2. *Операційні витрати:*

- витрати на паливо та енергію для роботи обладнання;
- витрати на обслуговування та ремонт;
- заробітна плата персоналу, відповідального за екологічну безпеку;
- платежі за приймання відходів у портах.

3. *Економічні ризики та штрафи:*

- адміністративні штрафи за порушення вимог MARPOL та національних екологічних норм;
- витрати, пов'язані з екологічними аваріями (очищення, компенсації);
- репутаційні втрати, що впливають на конкурентоспроможність.

Порівнюючи механічні, термічні та біотехнологічні методи, можна виділити їх економічні особливості. Механічні технології (подрібнювачі, преси, сортувальні системи) – відносно дешеві в установці та експлуатації, проте не вирішують проблему остаточної утилізації, а лише зменшують обсяги відходів.

Термічні технології (інсинератори) потребують високих початкових інвестицій та витрат на паливо, однак дозволяють значно зменшити масу відходів та скоротити витрати на їх здавання у портах.

Біотехнології (анаеробне зброджування, біореактори) мають високі капітальні витрати, але дозволяють отримувати додаткову енергію (біогаз), що знижує операційні витрати у довгостроковій перспективі.

Економічна ефективність систем поводження з відходами зростає при застосуванні концепції «відходи як ресурс». На судах це проявляється у:

- використанні тепла від інсинераторів для опалення приміщень чи підігріву води;
- переробці харчових відходів у біогаз для покриття частини енергетичних потреб;
- сортуванні та здаванні вторинної сировини (метал, пластик, скло) у портах;
- повторному використанні очищеної води після біологічних чи фізико-хімічних процесів.

Економічні аспекти поводження з судовими відходами є ключовим чинником для впровадження екологічно безпечних технологій. Оптимальним рішенням є комплексний підхід, що передбачає поєднання механічних, термічних та біотехнологічних методів із застосуванням принципів ресурсозбереження. Така стратегія дозволяє:

- мінімізувати витрати на утилізацію;
- уникати штрафів і затримок у портах;
- отримувати додатковий економічний ефект за рахунок використання вторинних ресурсів;
- підвищувати конкурентоспроможність судноплавних компаній на міжнародному ринку.

5.2 Економічна оцінка ефективності

Для визначення економічної доцільності впровадження тієї чи іншої системи застосовуються такі показники:

- термін окупності (Payback Period);
- чиста приведена вартість (NPV);
- внутрішня норма рентабельності (IRR);
- коефіцієнт економічної ефективності (E).

Практичні розрахунки свідчать, що інвестиції у системи утилізації відходів на борту окупаються за 3–7 років залежно від типу судна, його розмірів, маршруту та кількості екіпажу.

На основі літературних джерел та інтернет-ресурсів (на основі узагальнених даних судноплавної практики та досліджень) виконано порівняння економічних витрат на різні методи поводження з відходами на борту судна. У табл. 5.1 наведено орієнтовні показники капітальних витрат, поточних витрат та терміну окупності. Також в таблиці подано коефіцієнт економічної ефективності (E_p), який умовно розраховується як відношення зменшення витрат на утилізацію/екологічні платежі до загальних витрат (капітальні + експлуатаційні). Цей коефіцієнт може служити орієнтовним індикатором економічної ефективності природоохоронних заходів (наприклад, 0,5 – низька ефективність, 1,0 – середня, $> 1,0$ – висока).

Таблиця 5.1. Порівняння економічних показників різних методів поводження з відходами на борту судна

Метод/технологія	Капітальні витрати (млн. грн)	Поточні витрати на експлуатацію (млн.грн./рік)	Термін окупності (роки)	Коефіцієнт економічної ефективності (E_p)	Коментар
Інсинерація (TeamTec Logi Incinerator)	10.3–12.4	1.4–2	5–7	0,9–1,2	Високі інвестиції, але значне зниження витрат на передачу відходів у портах.
Механічне сортування та пакування	2–3.3	0.4–0.6	3–4	0,8–1,0	Дешеве рішення, проте залежить від портової інфраструктури.
Біологічна очистка стічних вод (DVZ-SKA BIO MASTER-PLUS)	7.4–9.1	0.8–1.2	6–8	1,0–1,3	Дас екологічний ефект і зменшує ризик штрафів за MARPOL Annex IV.
Сепарація нафтовмісних вод (RWO)	6.2–8.2	0.7–1	5–6	1,1–1,4	Обов’язкове обладнання, економія на штрафах та платежах.
Зберігання та передача відходів у портах	0.8–1.6 (контейнери)	1.6–2.4	2–3	0,6–0,8	Низькі капітальні витрати, але експлуатаційні витрати високі.

Економічний аналіз систем і технологій поводження з судновими відходами показав, що оптимальний вибір залежить від типу судна, його тоннажності, тривалості рейсів та наявної портової інфраструктури.

Капітальні витрати значно відрізняються між технологіями: від найнижчих у випадку організації зберігання та передачі відходів у портах до найвищих при встановленні інсинераторів та біологічних очисних установок.

Поточні експлуатаційні витрати найменші у систем механічного сортування та пакування, але зростають у разі регулярної передачі відходів у портах.

Термін окупності найкоротший у простих систем (2-4 роки), тоді як складні екологічні технології потребують 5–8 років для повернення інвестицій.

Водночас, розрахунок коефіцієнта економічної ефективності показав, що найбільш вигідними в довгостроковій перспективі є системи сепарації нафтовмісних вод та біологічного очищення стічних вод, оскільки вони дозволяють уникати значних штрафів та екологічних платежів, передбачених міжнародними конвенціями (рис. 5.1).

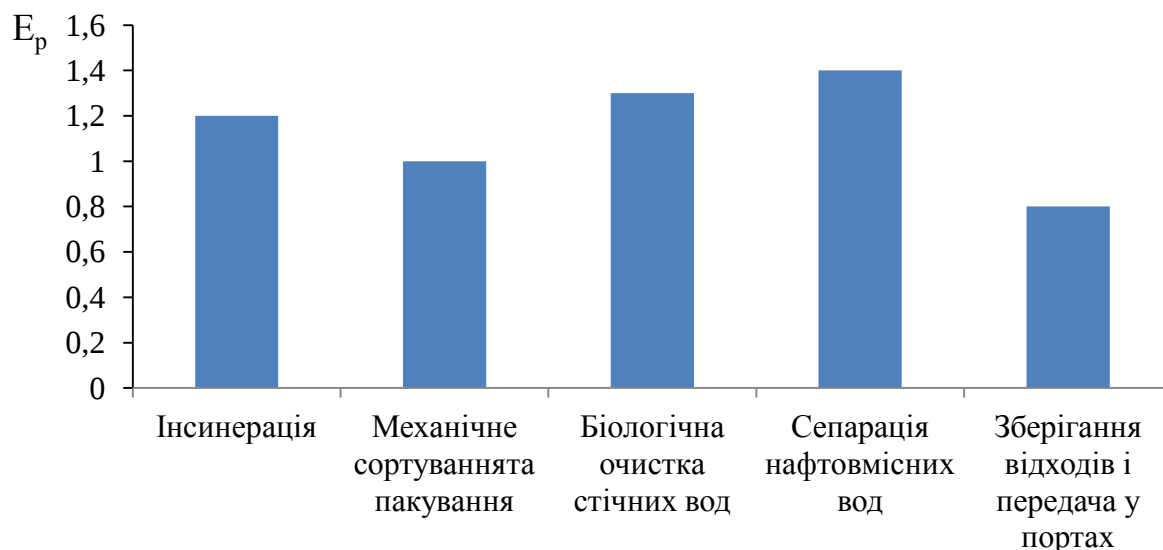


Рис. 5.1. Порівняння коефіцієнтів економічної ефективності систем і методів поводження з судновими відходами

Інсинерація залишається економічно доцільною для великих суден із високим обсягом відходів, де витрати на установку компенсуються зменшенням витрат на портові послуги.

Передача відходів у портах, хоча й не потребує значних інвестицій, у довгостроковій перспективі є економічно найменш вигідним варіантом через високі експлуатаційні витрати.

Таким чином, найбільш ефективною є комбінована модель поводження з відходами, яка передбачає застосування сучасних суднових систем очищення (біологічних, сепараційних та інсинераційних технологій) у поєднанні з частковим використанням портової інфраструктури. Такий підхід забезпечує оптимальний баланс між економічною доцільністю та екологічною безпекою судноплавства.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Основні положення

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Законодавство України про охорону праці складається із: Закону «Про охорону праці», «Кодексу законів про працю України», Закону «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Закону України «Про пожежну безпеку», Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) та інших нормативно-правових актів, які регулюють взаємовідносини між різними суб'єктами права у сфері охорони праці.

Закон України «Про охорону праці» визначає положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи й організації або уповноваженим ним органом (далі – власник) і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

1. Пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці.

2. Підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці.

3. Комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля.

4. Соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

5. Встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності.

6. Використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству.

7. Адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану.

8. Інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці.

9. Забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками, між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях.

10. Використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Пріоритет життя і здоров'я працівників означає, що в першу чергу слід дотримуватися вимоги нормативних актів про охорону праці, щоб працівник не зазнав погіршення здоров'я, не отримував травм, професійних захворювань, і лише тільки потім має звертатися увага на результати діяльності підприємства.

6.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі з інсинератором на борту судна

Інсинератор, встановлений на борту судна, є складним технічним пристроєм, призначеним для термічного знищення твердих, рідких і частково маслянистих відходів. Робота з таким обладнанням супроводжується впливом ряду небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно позначатися на здоров'ї персоналу та безпеці судна в цілому.

1. Фізичні фактори. Під час експлуатації інсинератора персонал піддається впливу:

- підвищеної температури повітря у приміщенні (до 40–50 °С) через тепловиділення під час спалювання відходів;
- інфрачервоного випромінювання від розігрітих елементів камери згорання;
- шуму від роботи вентиляторів, насосів і системи димовидалення (рівень шуму може досягати 80–90 дБ);
- вібрації від роботи допоміжного обладнання (компресорів, насосів, подачі палива);
- недостатньої вентиляції, що може призводити до підвищення температури та зниження рівня кисню в повітрі.

Під час завантаження відходів і очищення камери спостерігається ризик:

- опіків при контакті з нагрітими поверхнями;
- порізів і травм при роботі з металевими контейнерами та кришками;
- ушкодження рук при ручному завантаженні або переміщенні відходів;
- падіння чи удари при обмеженому просторі в інсинераторному відділенні.

Оскільки інсинератор є електромеханічною установкою, існує небезпека:

- ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції або нещільних контактах;

- виникнення короткого замикання при порушенні герметичності або перевищенні температурного режиму.

2. Хімічні фактори. Найбільшу небезпеку становлять хімічні речовини, які утворюються в процесі спалювання:

- оксиди азоту (NO_x), сірки (SO_2), вуглецю (CO , CO_2);
- пари важких металів (Hg , Cd , Pb);
- токсичні сполуки – діоксини, фурани, формальдегід;
- зола та пилоподібні частки, які можуть потрапляти у повітря при очищенні або обслуговуванні інсинератора.

Тривале або повторне вдихання таких речовин може призводити до ураження дихальної системи, інтоксикацій, алергічних реакцій і порушення роботи нервової системи.

3. Пожежна та вибухова небезпека. Інсинератор працює з горючими речовинами (паливо, маслянисті відходи), що створює ризик:

- займання при порушенні герметичності паливопроводів;
- вибуху у разі потрапляння у камеру згорання парів або газів понад допустимі концентрації;
- зворотного удару полум'я при некоректному запуску системи спалювання.

Для мінімізації дії небезпечних і шкідливих факторів необхідно:

- забезпечити ефективну вентиляцію інсинераторного приміщення;
- використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) – термостійкі рукавиці, комбінезони, захисні окуляри, респіратори;
- проводити регулярне технічне обслуговування інсинератора згідно з інструкцією виробника;
- здійснювати контроль рівня шкідливих речовин у повітрі за допомогою газоаналізаторів;
- проводити інструктажі з охорони праці для всього персоналу, що обслуговує установку;

- мати у доступному місці засоби пожежогасіння (вогнегасники, пожежні рукави, систему оповіщення).

Експлуатація інсинератора на борту судна потребує суворого дотримання правил охорони праці, техніки безпеки та екологічного контролю. Належна організація робочого процесу, технічна справність обладнання і наявність індивідуального захисту забезпечують безпечні умови праці екіпажу та мінімізують ризики виникнення аварійних ситуацій.

6.3 Розрахунок штучного освітлення приміщення машинного відділення судна

Освітлення – один із найважливіших технічних засобів забезпечення безпеки життєдіяльності людини та збереження її здоров'я.

При розрахунку штучного освітлення застосовується метод коефіцієнта використання світлового потоку. Розрахунок зводиться до визначення світлового потоку джерел світла при рівномірному розташуванні світильників у приміщенні з урахуванням відображеного світлового потоку від стін та стелі [39].

Необхідний світловий потік, який забезпечує необхідну освітленість:

$$F_p = \frac{S \cdot E \cdot K}{\eta \cdot Z}, \quad (6.1)$$

де $S, м$ – площа машинного відділення;

$$S = L \cdot B, \quad (6.2)$$

де $L = 9,1 м$ – довжина машинного відділення;

$B = 9,0 м$ – ширина машинного відділення;

$$S = 9,1 \cdot 9,0 = 81,9 м^2$$

$E = 100 лк$ – нормативна освітленість горизонтальної поверхні;

$K = 1,5$ – коефіцієнт запасу, що враховує чинники, що впливають зниження світловіддачі ламп під час їх експлуатації (забруднення світильників, підволока, перебірок, зниження напруги тощо);

$Z = 1,15-1,2$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, який характеризує втрати світлового потоку, зумовлені поглинанням потоку арматурою світильників, підволоком, сланями, обшивкою та розсіюванням від джерел світла до розрахункової поверхні, він залежить від типу світильників, їх розташування, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі. Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку, який відповідає заданим умовам, необхідно обчислити показник приміщення.

Показник приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (6.3)$$

где $h = 2,5$ – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м;

A – довжина машинного відділення, м;

B – ширина машинного відділення, м;

$$i = \frac{81,9}{2,5 \cdot (9,1 + 9,0)} = 1,81.$$

За таблицями коефіцієнтів використання світлового потоку [39] знаходиться коефіцієнт використання, який дорівнює $\eta = 0,52$.

Визначаємо світловий потік:

$$F_p = \frac{81,9 \cdot 100 \cdot 1,5}{0,52 \cdot 1,15} = 20543 \text{ лм},$$

На судні встановлюються вибухобезпечні світильники з лампою розжарювання типу С-61: напруга 24 В; потужність 60 Вт; світловий потік 715 лм.

Кількість світильників, необхідних для встановлення, розраховується

$$n = \frac{F_p}{F_{\text{л}}}, \quad (6.4)$$

де F_p – необхідний розрахований світловий потік, лм;

F_d – світловий потік одного світильника, лм.

$$n = \frac{20543}{715} = 29 \text{ штук,}$$

Приймаємо кількість світильників у приміщенні $n = 30$ шт.

Загальна потужність освітлювальної установки визначається за формулою.

$$P = P_d \cdot n, \quad (6.5)$$

де P_d – потужність одного світильника, Вт.

$$P = 60 \cdot 30 = 1800 \text{ Вт} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Таким чином для досягнення нормативної освітленості приміщення машинного відділення судна потрібно 30 шт світильників з лампами розжарювання типу С-61, потужність 60 Вт. Загальна потужність освітлювального устаткування становить – 1,8 кВт.

6.4 Заходи техніки безпеки при роботі з інсинератором на борту судна

Особливої уваги вимагає експлуатація інсинератора, адже він поєднує в собі високі температури, горючі матеріали та утворення шкідливих газів. Правильна організація роботи, контроль параметрів і своєчасне технічне обслуговування забезпечують безпечну утилізацію відходів без шкоди для екіпажу і судна.

Безпека експлуатації суднового обладнання базується на трьох ключових положеннях:

- допуск до роботи тільки підготовленого персоналу;
- виконання процедур ізоляції енергії перед ремонтом і технічним обслуговуванням;
- суворе дотримання плану дій у разі аварійної ситуації.

Експлуатація суднового інсинератора, призначеного для спалювання побутових, нафтовмісних та інших відходів, пов'язана з підвищеними ризиками

виникнення аварійних ситуацій, опіків, займання або вибуху. Тому дотримання вимог техніки безпеки та пожежної безпеки є обов'язковою умовою його безпечної роботи.

Перед початком експлуатації інсинератора персонал повинен пройти спеціальний інструктаж з техніки безпеки, ознайомитися з інструкцією виробника, а також з вимогами міжнародних документів – Конвенції СОЛАС (SOLAS), Міжнародного кодексу з охорони суден і портових засобів (ISPS Code) та Міжнародної конвенції МАРПОЛ 73/78 (Додаток V).

Під час роботи інсинератора необхідно дотримуватися таких основних заходів безпеки.

1. Підготовка обладнання до роботи:

- перевірити цілісність камери згоряння, ущільнень і клапанів;
- переконатися, що система подачі палива, вентилятори та автоматика працюють справно;
- заборонено запускати установку при наявності залишків попереднього завантаження або при несправних термодатчиках.

2. Безпечна експлуатація:

- завантаження відходів проводиться тільки при повному охолодженні камери;
- забороняється спалювати вибухонебезпечні, токсичні або неідентифіковані речовини (наприклад, аерозолі, балони, батареї);
- вхід у зону інсинератора дозволено лише персоналу, який має допуск до роботи з високотемпературним обладнанням;
- необхідно контролювати температуру згоряння (до 850–1200°C) і рівень кисню в камері.

При роботі з інсинератором необхідно наступне:

- суворо дотримуватися рекомендованих параметрів виробника (температура, тиск, подача повітря);
- не завантажувати в піч відходи, які можуть вибухнути або викликати утворення токсичних газів;

- регулярно контролювати процес горіння і стан димових газів.
- видаляти шлак і золу тільки після охолодження, в спеціальні металеві контейнери.
- забезпечувати вентиляцію приміщення, не допускати скупчення чадного газу або диму.
- працівники повинні використовувати: термостійкий спецодяг, рукавиці, окуляри, каску; респіратор або маску при відкритті камери; захисне взуття з нековзною підошвою.

3. Вимоги пожежної безпеки:

- заборонено палити та використовувати відкритий вогонь поблизу інсинератора;
- у приміщенні повинні бути вогнегасники (порошкові або вуглекислотні), система автоматичного пожежогасіння та сигналізація;
- усі шляхи евакуації мають бути вільними, а двері — такими, що легко відкриваються назовні;
- під час роботи обладнання необхідно постійно контролювати відведення димових газів та температуру вихлопу.

4. Профілактика аварійних ситуацій

- регулярно проводити технічне обслуговування: очищення форсунок, перевірку герметичності паливних шлангів, стану електроконтактів.
- вести журнал технічного обслуговування та фіксувати всі позаштатні випадки.
- у разі виникнення пожежі або задимлення — негайно зупинити установку, перекрити подачу палива, увімкнути систему пожежогасіння та повідомити капітана судна.

Дуже важливо суворо дотримуватися відповідних процедур, вимог плакатів або попереджувальних знаків та інструкцій щодо механічного обладнання, щоб підвищити безпеку персоналу на борту та мінімізувати людські помилки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження сучасних систем та технологій поводження з відходами на борту судна та здійснено інтегральну екологічну оцінку їхнього впливу на морські екосистеми. Результати аналізу дозволяють сформулювати такі основні висновки:

1. Визначено номенклатуру та обсяги утворення відходів на борту науково-дослідного судна. У ході рейсу тривалістю 65 діб загальний обсяг утворених відходів становив понад 18 тонн, включаючи освітлювальні прилади, тверді побутові відходи, харчові залишки, нафтовмісні відходи, лабораторні відходи, мул від очисних споруд, золу та шлаки інсинератора. Найбільшу частку складають: тверді побутові відходи, мул біологічних очисних споруд, відходи моторних масел. Це підтвердило необхідність системного підходу до планування та організації поводження з відходами.

2. Проаналізовано технології, що використовуються для збору, обробки та утилізації відходів на судні. Досліджуване судно обладнане сучасними засобами поводження з відходами, зокрема: інсинератором TeamTec Logi Incinerator, сепаратором нафтовмісних вод RWO, біологічною системою очищення стічних вод DVZ-SKA «BIO MASTER»-PLUS, системами сортування, подрібнення та пакування ТПВ. Комплекс цих технологій забезпечує відповідність вимогам MARPOL 73/78, Додатків I, IV та V.

3. Оцінено екологічну ефективність різних технологій поводження з відходами. Механічні методи є підготовчими та логістичними; термічні – забезпечують різке зменшення обсягів відходів, але генерують токсичні викиди; біотехнології демонструють найвищий рівень екологічної безпеки; системи очищення нафтовмісних вод значно знижують ризики забруднення акваторій. Загалом найбільш екологічно ефективними визнано біотехнологічне очищення стічних вод та сепарацію нафтовмісних вод. Тоді як інсинерація потребує посилення контролю за викидами.

4. Виконано розрахунок інтегрального екологічного індексу (IEI) впливу суднових відходів. Розрахунок за принципами ISO 14040:2006 показав, що інтегральний екологічний індекс дорівнює 27,6 бала, що відповідає низькому рівню залишкового антропогенного впливу. Це свідчить про ефективність існуючих систем контролю, але також показує пріоритетні напрями для оптимізації. Найбільший внесок у залишковий вплив формують: мул від очисних споруд, тверді побутові відходи, відпрацьовані моторні масла.

5. Проведено економічний аналіз технологій поводження з відходами. Порівняння капітальних і поточних витрат продемонструвало, що біологічні та сепараційні системи мають найвищий коефіцієнт економічної ефективності. Інсинератори економічно доцільні лише при великих обсягах відходів. Системи передачі відходів у портах мають найнижчу довгострокову ефективність через високі експлуатаційні витрати. Найбільш економічно вигідним рішенням є поєднання сучасних суднових систем та мінімізації портових платежів.

6. Сформовано практичні рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки суднових операцій. Рекомендовано: збільшити ефективність біологічної очистки стоків (мембранні технології); оптимізувати роботу інсинератора та впровадити додаткові системи очищення димових газів; покращити сортування та зменшити кількість змішаних відходів; удосконалити систему контролю небезпечних відходів; використовувати цифрові системи моніторингу викидів та витоків.

Результати кваліфікаційної роботи підтверджують, що сучасні системи та технології поводження з відходами на борту судна здатні забезпечувати високий рівень екологічної безпеки за умови комплексного підходу до їхнього застосування. Інтеграція механічних, термічних, біологічних і сепараційних методів, у поєднанні з екологічним менеджментом та економічною оптимізацією, дозволяє мінімізувати негативний вплив судноплавства на морські екосистеми та забезпечити дотримання міжнародних природоохоронних вимог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балобанов О.О., Шпарло А.О. Правове регулювання поводження з відходами в Україні та ЄС. Розвиток методів управління та господарювання на транспорті, № 4 (73), 2020. С. 68–78.
2. Берлінський М.А., П'ятакова В.Ф. Екологічні аспекти регіональної океанографії: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 84 с.
3. Бойко С.О., Гуренкова О.В. Дослідження та моніторинг технологічних схем систем переробки суднових відходів. URL: https://www.researchgate.net/publication/359708462_DOSLIDZENNA_TA_MONITORING_TEHNOLOGICNIH_SHEM_SISTEM_PEREROBKI_SUDNOVIH_VIDHODV.
4. Голінько В.І. Основи охорони праці : підручник. Дніпро: НГУ, 2014. 272 с.
5. Голубятников М. І. Захист водойм від забруднення під час судноплавства. Одеса: Фенікс, 2009. 430 с.
6. Директива ЄС 2019/883 про портові приймальні пункти для доставки відходів з суден. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0883> (2020, грудень, 01).
7. Додаток V «Правила запобігання забруднення сміттям з судів» до Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 р. (МАРПОЛ 73/78) / Комітет з захисту морського середовища. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/896_009/page
8. ДСанПІН 199-97. Державні санітарні правила і норми скидання з суден стічних, нафтоутримуючих, баластних вод і сміття у водоймища. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0199282-97#Text>.
9. Екологічні вимоги до транспорту в Європейському Союзі. URL: https://minjust.gov.ua/m/str_6957.
10. Єлізаров О.П. Особливості міжнародно-правової регламентації захисту морського середовища. Юридична наука. 2011. № 2. С. 205–210.
11. Загоруйко Д.А., Літвак О.А. Сучасні вимоги до системи поводження з відходами на борту судна. VII Міжнародна студентська наукова конференція «Розвиток суспільства та науки в умовах цифрової

трансформації», Тернопіль, 12 листопада 2024. Тернопіль: Молодіжна наукова ліга, 2024. С. 249–251.

12. Загоруйко Д.А., Літвак О.А. Екологічна безпека експлуатації інсинераторів на борту судна. VI Міжнародна студентська наукова конференція «Міждисциплінарні наукові дослідження та перспективи їх розвитку», Миколаїв, 14 березня 2025 р. / ГО «Молодіжна наукова ліга». Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025. С. 38–41.
13. Закон України «Про внутрішній водний транспорт» № 1054-IX від 03.12.2020.
14. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. №1264. Відомості Верховної Ради України, 1991, № 41, ст.546.
15. Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 р, №2320-IX. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 17, ст.75.
16. Звягінцева Д.С. Судноплавство як фактор забруднення морського середовища. URL: <https://dspace.onua.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9c5232c3-43f1-48c7-9929-82e94498874c/content>
17. Керівництво 2012 року з розробки планів управління ліквідацією сміття, прийняте резолюцією МЕРС.220 (63) від 02.03.2012 р. / Комітет з захисту морського середовища. URL: http://rise.odessa.ua/texts/MERSC220_63.php3.
18. Коцюба І.Г., Подчашинський Ю.О., Лико С.М., Лук'янова С.М. Математичне моделювання та прогнозування обсягів накопичення твердих комунальних відходів міста. *Науково-технічний збірник "Вісник Національного транспортного університету"*. Київ, 2017 року. Вип. № 2/2017. С. 34–41.
19. Кулакова В. Д. Правові проблеми утилізації відходів. URL : <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2018/11/29.pdf>.
20. Леусенко І.В. Деякі аспекти управління відходами на судах. LEX PORTUS. 2017. № 3 (5). С.143-154.

- 21.Літвак О.А., Загоруйко Д.А. Напрями скорочення обсягів утворення відходів на борту судна в контексті забезпечення екологічної безпеки. *Інновації в суднобудування та океанотехніці*: матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції, м. Миколаїв, 25-26 вересня 2025 р. Миколаїв : НУК, 2025. С. 480-483.
22. Мельник Л. М. Утилізація відходів як один із шляхів екологізації виробництва. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/21344/2/IRSP_2017_Melnyk_L-Waste_utilization_as_a_way_39-40.pdf .
- 23.Мельник О.М., Онищенко О.А., Волошин А.О., Калініченко Є.В., Заяц С.В. Огляд основних механізмів управління енергоефективністю та контролю за викидами з морських суден. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2021. № 197. С. 121–129.
- 24.Михайлова Є.О., Панчева Г.М., Резніченко Г.М. Ефективні механізми поводження з твердими побутовими відходами в Україні. *Комунальне господарство міст*. 2019. Том 5. Вип.151, С. 37–44.
- 25.Мініна О. Проблеми поводження з відходами в контексті сталого розвитку: регіональний аспект. Проблеми і перспективи економіки та управління. 2021. № 1(25). С.71–81.
26. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11. 2017, № 820-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>.
27. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p>.
- 28.Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua/kategoriya-statey/ohorona-praci>.
29. Охорона праці на судах. URL: https://vuzlit.com/150732/ohorona_pratsi_na_sudnah.
- 30.Перспективні світові наукові та технологічні напрями досліджень у сфері «Морські ресурси»: монографія. / Т. Кваша, О. Паладченко, І.Молчанова. Київ: УкрІНТЕІ, 2020. 110 с.

31. План поводження з судновими відходами та залишками вантажу у адміністрації Миколаївського морського порту. 2018. 60 с.
32. Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.10.2023 № 1102. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1102-2023-%D0%BF#Text>.
33. Про затвердження Правил охорони внутрішніх морських вод і територіального моря від забруднення та засмічення: постанова Кабінету Міністрів України від 29.02.1996 р. № 269. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/269-96-%D0%BF>.
34. Регістр судноплавства України. Правила запобігання забрудненню з суден. [Чинний з 01.07.2020]. Київ, 2020. 237 с.
35. Регістр судноплавства України. Правила запобігання забрудненню з суден. Частина IV вимоги щодо запобігання забрудненню сміттям, Київ, 2024. 19 с.
36. Резолюція МЕРС.315(74). Поправки до Додатка до Міжнародної Конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 року зміненої Протоколом 1978 року до неї. Поправки до Додатка II до Конвенції МАРПОЛ (Залишки вантажу та промивної води, які містять стійкі плавучі речовини). Прийнята 17 травня 2019 року. URL: <https://marad.gov.ua/storage/app/sites/1/international-activities/rezolyutsiya-mers31574priynyata-17-travnya-2019-roku.pdf>.
37. Розпорядження про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні на період до 2030 року (2017). Кабінет Міністрів України) Офіційний вісник України, 94, 2859.
38. Розпорядження про затвердження Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року від 11.07.2013. Кабінет Міністрів України. Офіційний вісник України, 61, 2194.
39. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок: навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2001. 84 с.

- 40.Шемшученко Ю.С. Охорона морського середовища. К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2022.URL: <https://esu.com.ua/article-77302>.
- 41.Ярова А. Відповідальність держав за забруднення морського середовища. *Національний юридичний журнал: теорія і практика*. Грудень 2015. С. 259–264.
- 42.Annex 13. Resolution MEPC.201(62). Amendments to the annex of the protocol of 1978 relating to the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973 (revised MARPOL Annex V). Adopted on 15 July 2011. 2012.
- 43.Argüello, G. Environmentally sound Management of Ship Wastes: challenges and opportunities for European ports. *J. shipp. trd.* 2020, № 5, 12.
- 44.Brida J.G., Zapata S. Cruise tourism: Economic, socio-cultural and environmental impacts. *International Journal of Leisure and Tourism Marketing*. 2010. № 1:3. P. 205–226.
- 45.Burgin S., Hardiman N. The direct physical, chemical and biotic impacts on Australian coastal waters due to recreational boating. *Biodiversity and Conservation*. 2011. № 20:4. P.683–701.
- 46.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
- 47.DVZ Biomaster PLUS Series Final Documentation. URL: <https://www.manualslib.com/manual/2809395/Dvz-Biomaster-Plus-Series.html#manual>.
48. Eight Eco-Friendly Waste Collection Solutions For The Maritime Industry. URL: <https://seaharbor-group.com/8-eco-friendly-waste-collection-solutions-for-the-maritime-industry/>.
49. Faber J., Kleijn A., Sturiale J. Identifying criteria for determining whether a ship produces reduced quantities of waste and manages it in a sustainable and environmentally sound manner. Delft, CE Delft, March 2021. 88 p.
50. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78.

51. ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. International Organization for Standardization, 2006. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>.
52. Kameyama M., Hiraoka K., Tauchi H. Study on Life Cycle Impact Assessment for Ships. URL: https://www.nmri.go.jp/service/repository_data/PNM21070304-00.pdf.
53. Kizielewicz J., Lukovic T. Negative Impact of Cruise Tourism Development on Local Community and the Environment, Information, Communication and Environment: Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2015. P.243–250.
54. Marine portal for amateurs and professionals. URL: <https://sea-man.org/eng>.
55. OWS-COM. URL: <https://www.rwo.de/products/ows-com/>.
56. Pizzol, M., Laurent, A., Sala, S., Weidema, B. P., Verones, F., & Koffler, C. Normalisation and weighting in life cycle assessment: quo vadis? International Journal of Life Cycle Assessment, 2017. № 22(6). P. 853–866.
57. Polglaze J. Can we always ignore ship-generated food waste?. *Marine Pollution Bulletin*. 2003. № 46:1, P. 33–38.
58. Popa L.-V. Waste management on board seagoing ships. *Journal of Marine Technology and Environment*. 2021, Vol. II. P. 49-54.
59. Radchenko A.M. The problems of legal adjusting of questions of waste management in Ukraine. *Law. Human. Environment*, 2020. № 11(3), P.58-64.
60. Rayfuse R. Waste management and the green economy. Cheltenham. Edward Elgar Publishing. 2016. 256 p.
61. Resolution MEPC.203(62). Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating theretory (inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI). Adopted on 15 July 2011. 2012.
62. Resolution MEPC.328(76) Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships,

- 1973, as Modified by the Protocol of 1978 Relating Thereto. 2021 Revised MARPOL Annex VI (adopted on 17 June 2021).
63. RWO's Classic: OWS-COM Oily Water Separator. URL: <https://www.epeyachting.com/wp-content/uploads/2022/02/RWO-OWS-COM-Brochure.pdf>.
64. Sala S., Cerutti A.K., Pant R., Development of a weighting approach for the Environmental Footprint, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018. 146 p.
65. Sands P., Peel J., Fabra A. & MacKenzie R. Principles of International Environmental Law. Third edition. Cambridge University Press, 2012. 178 p.
66. Strazza C., Del Borghi A., Gallo M., Manariti R., Missanelli E., Investigation of green practices for paper use reduction on board a cruise ship – a life cycle approach. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2015. № 20:7, p. 982–993,
67. TeamTec Incinerators URL: <https://www.teamtec.no/products/incinerators/>.
68. The Management of Ship-Generated Waste On-board Ships. Delft, CE Delft, January 2017. 90 p.
69. Ulnikovic V.P., Vukic M., Nikolic R. Assessment of vessel-generated waste quantities on the inland waterways of the Republic of Serbia. *Journal of Environmental Management*. 2012. Vol.97, P.97–101.
70. Vaneeckhaute C., Fazlia A. Management of ship-generated food waste and sewage on the Baltic sea: a review. *Waste Management*. 2020. № 102. P. 12–20.
71. Vilotijević A., Tin M., Marko H., Davor B. Modern Equipment for Waste Management on Cruise Ships. *Pomorski zbornik* Special edition, br. 3. 2020. P. 147-156.
72. Vince, J. & Hardesty, B.D. Governance Solutions to the Tragedy of the Commons that Marine Plastics Have Become. *Frontiers in Marine Science*. 2018. № 5, article 214.
73. Waste Management On Large Ocean-Going Vessels. URL: <https://seaharbor-group.com/waste-management-on-large-ocean-going-vessels/>.