

УДК 502.36

DOI: 10.25140/2411-5363-2021-1(23)-162-174

Наталія Урум, Микола Литвин, Оксана Рященко, Оксана Бабере

**МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ РІДКИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН
НА СУДНАХ ЗМІШАНОГО ПЛАВАННЯ**

У статті виділено основні напрями удосконалення методів очищення стічних вод: інтенсифікація окисних процесів; включення до технологічного процесу обробки кавітації як одного із сучасних методів очищення стічних вод. Розроблено рекомендації щодо удосконалення методів переробки рідких небезпечних речовин на суднах змішаного (ріка-море) плавання.

Завдяки високій інтенсивності вібрації та температурі в окремій точці кавітацією активно руйнуються органічні сполуки, колоїди, клітинні мембрани мікроорганізмів і навіть знищуються віруси. У зв'язку з цим кавітаційну обробку можна використовувати як на стадії первинного очищення рідких речовин, так і для їх доочищення та знезаражування.

Ключові слова: екологічність; кавітація; окислення; переробка; рідкі забруднювачі; стічні води.

Табл.: 5. Рис.: 8. Бібл.: 15.

Актуальність теми дослідження. Інтенсивний розвиток судноплавства у світі призвів до будівництва якісно нового флоту: з потужними енергетичними установками, високою вантажопідйомністю, пасажировмісністю та швидкістю. Кожне судно під час рейсу генерує забруднюючі речовини, значна частина яких відноситься до рідин, які підлягають нейтралізації та видаленню. Водні ресурси – найвразливіший у відношенні антропогенного впливу компонент навколишнього середовища. Річки Дніпро, Дністер, Південний Буг є досить забрудненими, а для деяких ділянок водного шляху по Дніпру вони набувають рівня екологічного лиха. Сьогодні на флоті застосовуються переважно два способи вирішення проблеми відходів суден внутрішнього та змішаного (ріка-море) плавання.

Перший спосіб – окреме накопичення всіх видів відходів для здачі на берег. Недоліком є необхідність наявності на борту ємностей, що вимагає додаткових приміщень та зменшує провізну спроможність, а також використання допоміжних суден для доставки відходів на берег до підприємств переробки, спеціальних причалів, іншої інфраструктури, що призводить до підвищення вартості послуг комплексного обслуговування флоту. Крім того, система комплексного обслуговування флоту розвинена слабо та представлена, в основному, у великих портах і транспортних вузлах.

Другий спосіб – переробка відходів на борті судна за допомогою спеціальних систем очищення стічних та нафтовмісних вод, а також інснераторів. До недоліків належать складність та висока вартість спеціальних систем та їх технічного обслуговування.

Постановка проблеми. Задача дослідження полягає у вирішенні зазначених недоліків існуючої системи комплексного обслуговування. Проблему необхідно вирішити для удосконалення методів переробки рідких небезпечних речовин на суднах змішаного плавання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню утилізації речовин на суднах присвячено низку наукових робіт вітчизняних та закордонних вчених, до яких відносяться: Бойченко С.В. [1], Зеркалов Д.В., Ткачук К.Н., Саєнко Т.В. [2], Баранов А.Л., Васильєв А.Л. [3], Волков Л.С. [4], Макаров В.Г. [5], Найденко В.В. [6], Решняк В.І. [7], Мизгирев Д.С. [8], Баадер В. (V. Baader) [9], Бойлс Д. (D. Bouls) [10], Г. Лофрано (Guisi Lofrano) [11], Соуфер С. (S. Soufer), Райндольф Р. (R. Raindolf), Ямамото Акихиро [12] та інші. В цих працях увагу сфокусовано на тому, що для генерації кавітації застосовуються механічні, електромеханічні, гідродинамічні, віброакустичні та інші пристрої. Описано потребу подальших розробок щодо удосконалення судових систем очищення стічних вод у напрямку механічних та фізико-хімічних методів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що розробки та дослідження, які проводяться вченими, орієнтовані не на рішення загальної проблеми утилізації відходів, а на часткові технічні питання.

Метою роботи є розробка рекомендацій щодо удосконалення методів переробки рідких небезпечних речовин на суднах змішаного (ріка-море) плавання.

Виклад основного матеріалу. Масова експлуатація суден з потужними судновими енергетичними установками, значною вантажопідйомністю супроводжується зростанням негативного впливу на навколишнє середовище внаслідок утворення при їх експлуатації різноманітних відходів, які повинні підлягати нейтралізації та видаленню. Уже сьогодні в багатьох районах планети спостерігаються труднощі щодо забезпечення водопостачання та водокористування внаслідок якісного та кількісного виснаження водних ресурсів. Це пов'язано із забрудненням та нераціональним використанням води. Водні ресурси – найбільш уразливий по відношенню до антропогенного впливу компонент навколишнього середовища. До $\frac{2}{3}$ поверхневих вод України вже не відповідає нормативним вимогам за екологічністю.

За останні роки збільшилося забруднення води Дніпра нітритним азотом, солями міді, формальдегідом, Сіверського Донця – нафтопродуктами, солями заліза, Дністра – фосфатами. Найбільш вразливі до антропогенного впливу малі річки (довжиною менш 100 км), на долю яких приходить $\frac{1}{3}$ багаторічного сумарного поверхневого стоку України. У деяких водоймах забруднення настільки велике (5 клас), що відбулася їх повна деградація як джерел водопостачання і водокористування. Усі водойми пов'язані з навколишнім зовнішнім середовищем. На нього впливають умови формування поверхневого або підземного водного стоку, природні явища, індустрія, промислове та комунальне будівництво, транспорт, господарська й побутова діяльність людини. Наслідком цих впливів є внесення у водне середовище нових, невластивих їй речовин – забруднювачів, які погіршують якість води.

Забруднення навколишнього середовища з боку конкретного судна не є постійним та залежить від призначення, режимів роботи, технічного стану та терміну експлуатації цього транспортного засобу.

У процесі експлуатації судна при проведенні виробничих і загальносуднових робіт на борту постійно утворюється ряд твердих, рідких та газоподібних відходів, що підлягають нейтралізації та видаленню [1; 8].

Відповідно до прийнятої на даний час класифікації суднових відходів, закріпленої міжнародними нормативними документами [14; 15], можна виділити три їхні основні групи (рис. 1):

1. Рідкі відходи, до складу яких входять стічні води (СВ), нафтовмісні води (НВ), забруднені води, які вимагають спеціального очищення.

2. Тверді відходи (сміття).

3. Газоподібні відходи (відпрацьовані гази (ВГ) двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) та газотурбінних установок; димові гази (ДГ) котлоагрегатів та печей-інсинераторів).

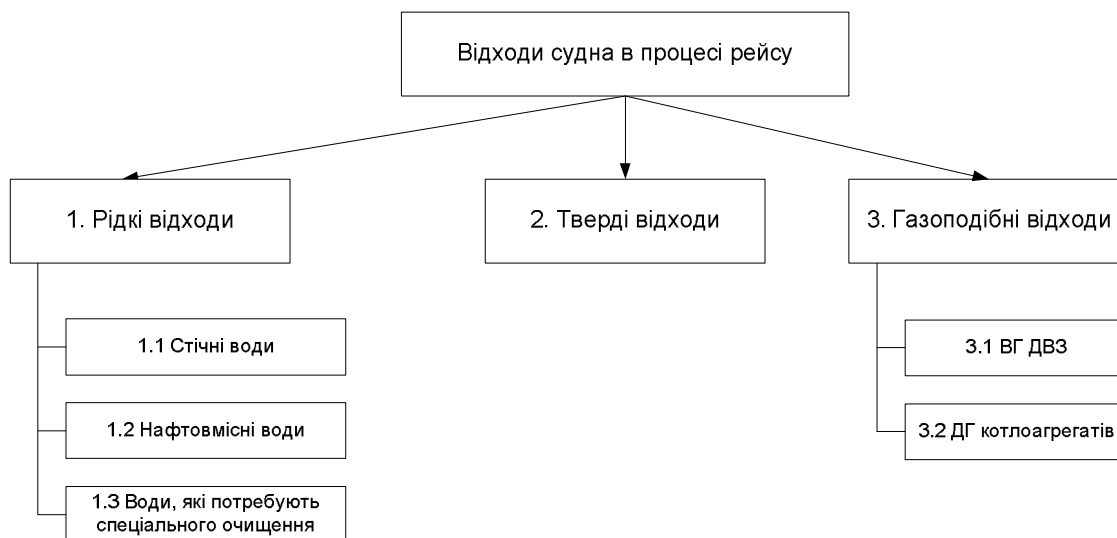


Рис. 1. Класифікація відходів судна в процесі рейсу

Види відходів безпосередньо пов'язані з особливостями експлуатації, призначенням судна та викликані вантажем, пасажирями або використанням технічного засобу.

Нині переважно застосовуються два способи рішення проблеми судових відходів (рис. 2).

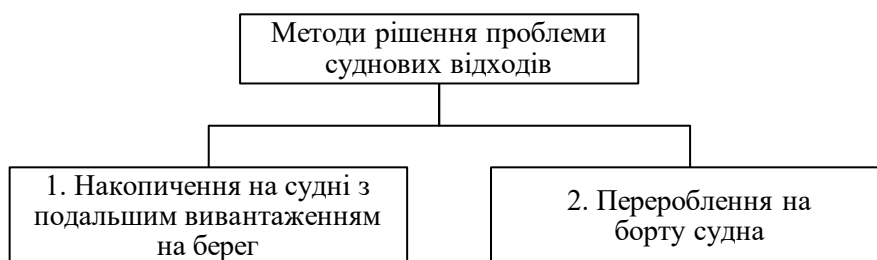


Рис. 2. Варіанти рішення проблеми судових відходів

1. Роздільне накопичення усіх видів відходів на судні з подальшим вивантаженням на берег.

Перевагами цього методу є висока ступінь очищення та реутилізації відходів при переробці на великих берегових підприємствах. На судні необхідний мінімум спеціального обладнання.

Недоліком є необхідність наявності на борту ємностей, що вимагає додаткових приміщень та зменшує провізну спроможність. Цей спосіб застосовується на малих суднах з короткими маршрутами та частими зупинками, але є неприйнятним для великих транспортних суден.

Як варіант цього способу можна виділити роздільне накопичення всіх видів відходів для подальшого вивантаження на спеціальні судна [2; 8].

2. Переробка відходів на борту судна за допомогою спеціальних систем для очищення СВ та НВ, а також інсинераторів.

Перевагами цього методу є: велика автономність плавання, скорочення простоїв, мінімальні накопичувальні ємності і, як наслідок, ефективність таких суден. До недоліків належать: складність та вартість подібних систем, а також їх професійного обслуговування, необхідність додаткових витрат енергії. Це рішення поширилося переважно на морських суднах та суднах типу “ріка”-“море”.

Усі спеціальні засоби, призначені для переробки судових відходів, можна поділити на такі види (рис. 3).

1. Суднові засоби: станції очищення і знезаражування СВ, станції очищення НВ, системи для збору, збереження та переробки судового сміття, системи комплексної переробки відходів.

2. Позасуднові засоби, до складу яких входять: судна-збирачі, спеціальні причали, станції очищення НВ, баржі-комори, судна комплексної переробки відходів.

Аналіз цього питання показує, що остаточний вибір того або іншого способу видалення забруднень із суден залежить від багатьох факторів: району плавання, кількості та пропускної здатності приймальних пунктів на березі, відстані між ними, типу судна та кількості людей на його борту, вимог до скидання СВ і сміття, наявності та кількості суден-збирачів, суден комплексної переробки відходів.

Проведемо аналіз рідких судових відходів та методів їх переробки.

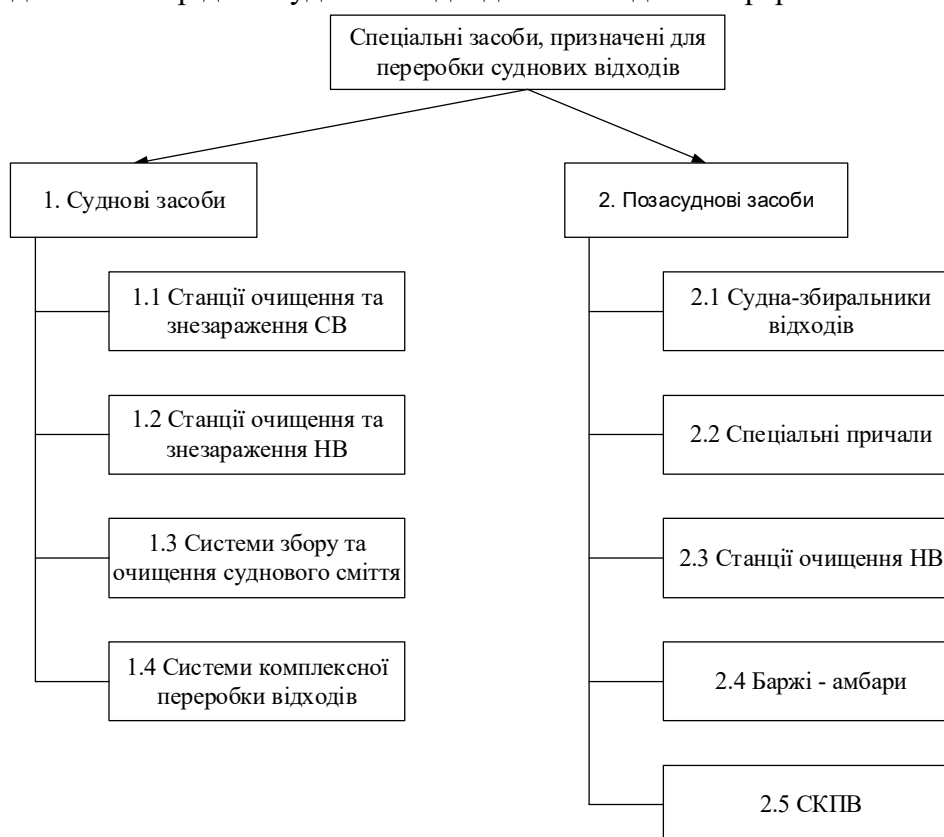


Рис. 3. Класифікація спеціальних засобів, призначених для переробки судових відходів

Стічні води. У процесі експлуатації при використанні води для харчових і господарських потреб на судні накопичуються СВ [5; 6]. У загальному випадку їх можна класифікувати за основними ознаками згідно зі схемою, наведеною на рис. 4 [8].

Стічними водами є:

- стоки та інші відходи з усіх видів туалетів, пісуарів, унітазів;
- стоки з раковин, ванн та шпигатів, що знаходяться в медичних приміщеннях (лазаретах, амбулаторіях тощо);
- стоки з приміщень, в яких утримуються тварини;
- інші стоки, якщо вони змішані з перерахованими вище стоками.

При скиданні господарсько-побутових стічних вод найбільшу шкоду навколишньому середовищу наносять стоки з пральні, оскільки до їх складу входять поверхнево активні речовини (ПАР), включаючи синтетичні (СПАР). Останні відносять до отруйних речовин як у міжнародних, так і у вітчизняних нормативних документах.



Рис. 4. Класифікація стічних вод [8]

Це викликано тим, що основний компонент СПАР – акилбензолсульфат гнітить розвиток живих клітин та личинок риб. Ці стоки становлять 15...22 % від загального об'єму господарсько-побутових стічних вод, а концентрація акилбензолсульфату в них перевищує небезпечну для живих організмів межу 10 мг/дм³.

Склад камбузних стічних вод визначається раціоном харчування. Основними компонентами забруднюючих речовин є рослинні і тваринні жири. Їх кількість становить (1,8...6,0) г/(чол. діб) [8]. Скидання камбузного стоку є періодичним та збігається за часом з режимом прийому їжі.

Мильні стічні води є результатом виконання людиною гігієнічних процедур та надходять від умивальників, душових кімнат та бань. До складу забруднюючих речовин входять жири, частки епітелію та мило. Кількість забруднень від однієї людини є величиною практично постійною. Характер надходження такого забруднення є періодичним та відповідає змінному режиму роботи екіпажу.

Суднові господарсько-фекальні СВ являють собою висококонцентровану водну композицію, яка відрізняється високим ступенем бактеріального забруднення та сталістю хімічного складу забруднень [1]. Скидання неочищених господарсько-фекальних СВ на внутрішніх водних шляхах заборонено.

У загальному випадку, характер надходжень господарсько-фекальних СВ та господарсько-побутових СВ можна вважати періодичним [11]. У зв'язку з тим, що переважна більшість річкових суден має єдину систему для даних типів стічних вод, доцільно розглядати загальні стоки, які складаються із суміші зазначених СВ.

Для гігієнічної оцінки вихідних та очищених СВ прийняті такі основні контрольні показники:

- концентрація зважених речовин, мг/дм³;
- біохімічне споживання кисню, мгО₂/дм³;
- (колі-індекс) кількість лактопозитивних кишкових паличок, шт/ дм³;
- залишковий активний хлор, мг/дм³.

До додаткових показників ступеня забруднення СВ відносять:

- хімічне споживання кисню, mgO_2/dm^3 ,
- рН – водневий показник;
- кількість мікробів, шт/ dm^3 ;
- прозорість, см;
- кольоровість, град.

Також визначають: нафтопродукти, ПАР (СПАР), азот, фосфор, загальні та термото-лерантні колиформні бактерії.

У загальному випадку суднові СВ містять органічні та мінеральні речовини, різні мікроорганізми та зважені домішки (див. рис. 4).

За агресивністю СВ характеризуються залежно від величини рН. Порівняльні значення основних інгредієнтів СВ, що приходяться на одну людину, отримані в результаті випробувань річкових суден та ДБН 2.04.03-85, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Маса забруднень СВ на одну людину за добу

Інгредієнти	Маса забруднень, г/(чол.діб.)	
	ДБН 2.03.03-85	Суднові випробування
Суспензії (ВВ)	65	72
Біологічне споживання кисню	35	45
Хімічне споживання кисню	не визначено	82
Азот амамонійних солей	8	7,5
Фосфати (P_2O_5)	3,3	не визначено
в т.ч. від миючих засобів	1,6	не визначено
Хлориди	9	не визначено
ПАР	1,9	3,5

Об'єм середньодобових накопичень СВ можна визначити, виходячи з таких показників: по вантажному флоту (0,20...0,25) $\text{m}^3/(\text{люд. діб})$, по пасажирському флоту (0,25...0,30) $\text{m}^3/(\text{люд. діб})$.

Нафтовмісні води. При експлуатації суднових механізмів у машинних приміщеннях (МП) накопичуються НВ, що являють собою суміш води, палив, мастил та механічних домішок. НВ утворюються в результаті нещільності дейдвудного пристрою, трубопроводів, насосів та арматури, продувки балонів стиснутого повітря, при ремонтах, аварійних ситуаціях, конденсації парів води на забруднених поверхнях тощо [8].

Отже, НВ – це суміш води з будь-яким вмістом нафти. Основними забруднюючими речовинами, наявність яких не дозволяє робити скидання НВ без глибокого очищення, є нафтопродукти. Вміст нафти в НВ знаходиться в межах (200... 1 500) mg/dm^3 [11]. Забруднення нафтопродуктами є дуже стійким. Вони утворюють на поверхні води плівку, у товщі знаходяться в емульгованому та розчиненому видах, важкі фракції забруднюють дно водойми. Флора й фауна, і насамперед риба з її кормовими об'єктами – планктоном і бентосом, випробують сильну токсикацію [1].

Суднові НВ є багатокомпонентними та багатофазними водними системами. Практично завжди одночасно з нафтопродуктами утримуються механічні частки, ПАР, органічні сполуки та важкі метали.

При розробці технології очищення НВ необхідно враховувати стан і ступінь агрегативної стійкості нафтопродуктів у них (рис. 5) [8].

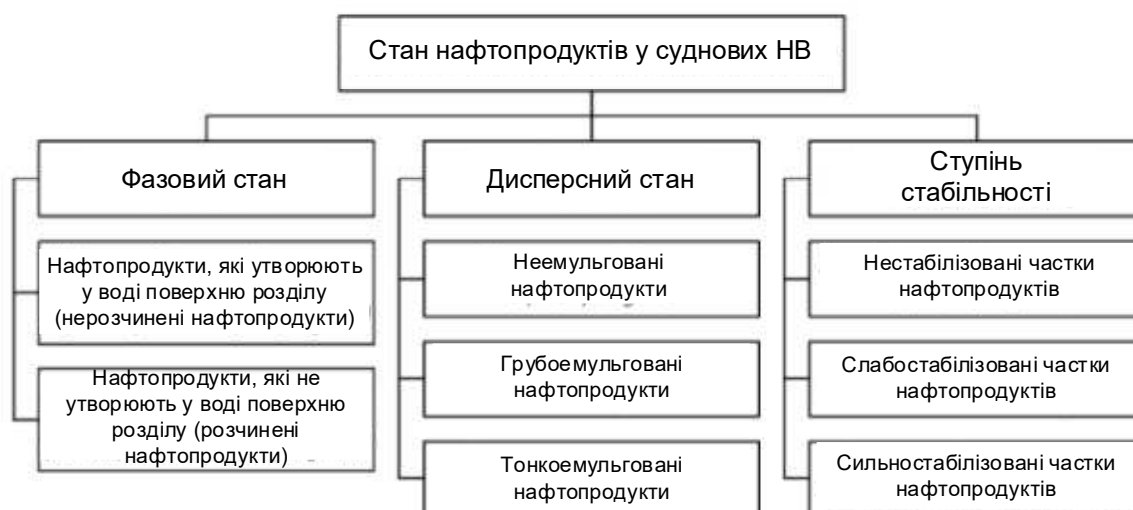


Рис. 5. Характеристика стану нафтопродуктів у суднових нафтовмісних водах

Залежно від умов утворення, концентрації домішок та складу НВ у них переважають нафтопродукти в різних фазово-дисперсних видах. При високих концентраціях нафти та відсутності в НВ стабілізуючих речовин (ПАР), основна кількість нафтопродуктів знаходиться у вигляді великих крапель (від 0,01 мм) добре спливаючих з утворенням поверхневої плівки. При низьких концентраціях – практично всі вони знаходяться в тонкоемульгованому прошарку (40...50 нм), що ускладнює процес їх видалення [4].

Джерела та кількісні втрати нафти у НВ при експлуатації суден зазначені в табл. 2 [1; 2; 8]. На відміну від СВ, добові накопичення НВ важко прогнозувати. Підрахунок накопичень НВ виконується, виходячи з нормативів для різних груп суден (табл. 3) або за залежностями (1) для оцінки втрат нафти в НВ на ходовому та стояночному режимах, кг/доба.

$$G_{м,ход} \approx (55 \div 65) \times 10^{-3} N_e; \quad (1)$$

$$G_{м,сп} \approx (0,5 \div 0,7) \times G_{м,ход},$$

де N_e – потужність головного двигуна.

Таблиця 2. Джерела та кількісні втрати нафти в НВ суден

Джерела втрат	Кількісні втрати нафти, %
Приєм палива	30,5
Перекачування палива із судна на судно	27,0
Відкачка льяльних вод за борт	18,5
Вантажно-розвантажувальні операції танкерів	13,5
Несправності шлангів	3,0
Відмовлення механізмів і арматури	2,0
Переповнення паливних цистерн	2,0
Випадкові зіткнення, зв'язані з ушкодженням корпусу	1,0
Інші причини	2,5

Таблиця 3. Нормативи накопичення нафтовмісних вод на річкових суднах

Номер групи суден	Потужність головних двигунів, кВт	Розрахункове добове накопичення, м ³ /доба	
		На транспортних суднах	На рейдових, допоміжних, роз'їзних суднах, технічному флоті
1	74...220	0,05... 0,12	0,03...0,08
2	220...440	0,12...0,18	0,08...0,14
3	440...660	0,18...0,24	0,14...0,20
4	660...890	0,24...0,30	0,20...0,25
5	Більше 890	0,32	0,27

Порівнюючи значення в таблицях 2 та 3, можна зробити важливий висновок: на судах об'єм накопичень нафтовмісних вод складає (0,01...0,05) об'єму стічних вод, що можна використовувати при проектуванні об'єднаної системи очищення НВ та СВ.

Баластові води. Водний баласт – вода, прийнята на судно в спеціальні відсіки подвійного дна для покращення морехідних якостей судна (остійності, стійкості на курсі), заглиблення гребного гвинта, тощо. Відповідно до Конвенції МАРПОЛ 73/781, існують правила скидання рідкого баласту за борт та поділ баластових вод на основні види.

Основними забруднювачами баластових вод є нафтопродукти в різному фазово-дисперсному стані, механічні домішки, живі організми, які внесені у флору та фауну судноплавних басейнів і там акліматизувалися. На відміну від інших видів відходів, об'єм баластних вод легко спрогнозувати, виходячи з режиму експлуатації судна та параметрів його баластової системи.

Основні методи очищення СВ перераховані на рис. 6, а їх принципи дії і характеристики докладно розглянуті в літературних джерелах [1; 3; 8; 9]. З усього різноманіття найбільший інтерес представляють ті методи (виділені на рис. 6), що використовуються або можуть бути використані на судах і відповідають судовим вимогам.

Засоби очищення судових вод (ЗОСВ) класифікують за методом обробки СВ: механічний, біохімічний і фізико-хімічний.

Механічний метод заснований на відділенні зі СВ великих забруднювачів з подальшим їх здрібнюванням. Для цієї мети використовуються фільтруючі сітки або ґратки, які затримують забруднювачі, що потім періодично віддаляються (звичайно – вручну, що вимагає значних трудовитрат та є неприємною операцією). Також використовують фільтри барабанного типу з механізованим або гідродинамічним очищенням фільтруючої поверхні. Очищена вода перед зливом за борт знезаражується.

При цьому зі стоків видаляється до 80 % забруднюючих речовин. Механічні фільтри не в змозі забезпечити необхідний ступінь очищення СВ від розчинених органічних речовин та дрібних суспензій. Ступінь очищення в них не задовольняє вимогам нормативних документів, тому цей метод комбінують з іншими.

За механічним методом працюють ЗОСВ типу "HL-CONT" та "HAMANN" (Німеччина) (рис. 7). Останні встановлені на ряді суден змішаного плавання. Недоліком тут є відсутність фінішної фільтрації.



Рис. 6. Класифікація водоочисного обладнання

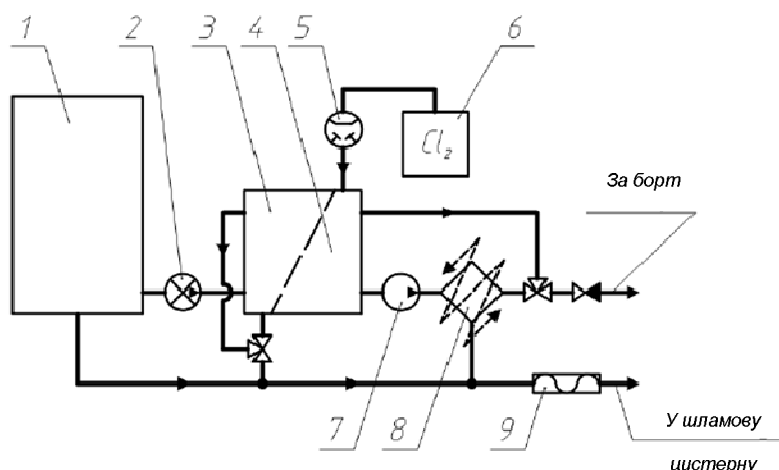


Рис. 7. Технологічна схема засобу очищення стічних вод зі станцією типу "HAMANN":
 1 – цистерна СВ; 2 – насос-змільчувач; 3 – відстійна камера; 4 – реакційна камера;
 5 – насос-дозатор; 6 – видаткова ємність незаражуючого реагенту;
 7 – насос-змішувач; 8 – камера вихрова; 9 – насос шламівий

Біохімічний метод заснований на аеробних біохімічних процесах при життєдіяльності мікроорганізмів (активного мулу) у робочих відсіках засобів очищення стічних вод із примусовою аерацією – аеротенках (рис. 8).



Рис. 8. Основні методи очищення стічних вод

В активному мулі утримуються різні групи бактерій, цвілеві та дріжджові гриби, найпростіші, коловертки, хробаки, личинки, водні кліщі, тобто усі види мікроорганізмів, що звичайно присутні у СВ і харчуються речовинами, які в цих водах утримувалися. Швидкість процесу очищення досить низька: для перетворення органічних речовин СВ в органічні речовини мікроорганізмів, а потім самоокислення активного мулу, потрібно близько 50 годин. Далі очищені СВ незаражуються та видаляються за борт або на повторне використання.

Основні переваги та недоліки біологічного очищення стічних вод наведено в табл. 4.

Фізико-хімічний метод очищення СВ на судах використовується частіше. У суднових СВ до 60% органічних забруднювачів знаходяться в колоїдному стані, що не дозволяє видалити їх фільтрацією або відстоюванням.

Таблиця 4. Основні переваги та недоліки біологічного очищення стічних вод

Переваги	<ul style="list-style-type: none"> - високий ступінь очищення стічних вод; - можливість повторного використання очищеної води; - простота установок, невисока вартість і простота обслуговування; - можливість повної автоматизації процесу очищення стічних вод; - малі витрати хімічних реагентів у процесі експлуатації засобів очищення стічних вод (тільки для незаражування очищених стоків)
Недоліки	<ul style="list-style-type: none"> - для виведення засобів очищення стічних вод на нормальний режим при вирощуванні активного мулу на судні потрібно від 10 до 25 доби, однак у портах можливо організувати зарядку установок активним мулом; - засоби очищення стічних вод чутливі до гідравлічних коливань навантаження, змін солемісту та температури СВ; - висока чутливість процесу до зміни складу, концентрації органічних речовин та солоності СВ; - вплив на процес очищення жирів, мастил, ПАР надходять зі стічними водами; - значний час обробки СВ (18...24 години); - високі масо-габаритні характеристики; - загибель мулу у випадку припинення подачі СВ на (20...30) годин; - припинення процесу при температурі менш 10 °С та більш 30 °С; - кожен типорозмір розрахований на визначену витрату СВ

На базі цього методу розроблений ряд способів очищення. Переваги та недоліки подібних систем зведені до табл. 5.

Технологія очищення нафтовмісних вод визначається, насамперед, вимогами, які застосовуються до глибини очищення. За міжнародними вимогами до складу засобів очищення нафтовмісних вод входять: збірна цистерна; обладнання для перекачування та збору; стандартні з'єднання для здачі нафтовмісних вод у позасудові прийомні пристрої; станція очищення, що містить сепаратор та різні види фільтрів.

Важливим методом очищення нафтовмісних вод є їх знищення – спалювання в складі водо-паливної емульсії (ВПЕ). Дослідження довели можливість використання нафтовмісних вод як води для ВПЕ котлоагрегатів та інсенираторів.

Доцільне застосування такої ВПЕ для допоміжних котлоагрегатів на великих пасажирських судах, де час їхньої роботи становить до 50 % від часу експлуатації головних двигунів. Частку води у такій ВПЕ можна підняти до 38 %, що приведе до незначного зниження коефіцієнту корисної дії котлоагрегату, але весь об'єм нафтовмісних вод зможе бути утилізований. Біохімічні засоби очищення нафтовмісних вод забезпечують більш глибоке очищення, однак процес обробки в них є тривалим. Крім того, вони мають потребу в додатковому матеріалі – біологічному мулі, що збільшує експлуатаційні витрати.

Таблиця 5. Переваги та недоліки засобів очищення стічних вод зі станціями фізико-хімічного очищення

Переваги	<ul style="list-style-type: none"> - мала чутливість до коливань гідравлічних характеристик потоку води; - можливість повної автоматизації процесів; - швидкий вихід на номінальний режим роботи установки після введення її в дію; - можливість обробки всіх видів СВ.
Недоліки	<ul style="list-style-type: none"> - високі будівельні та експлуатаційні витрати; - частка шламу, який утворюється - до 2...5% від об'єму оброблених СВ; - необхідність частого виведення з дії для очищення пристроїв; - складність системи управління та контролю за роботою; - необхідність посиленої вентиляції; - токсичність хімічних реагентів; - потреба в хімічних реагентах та спеціальних електродах, що викликає додаткові експлуатаційні витрати; - інтенсивна корозія металу обладнання через роботу в агресивних середовищах; - необхідність постійної участі обслуговуючого персоналу для контролю за роботою засобів очищення стічних вод.

Висновки. Отже, можна виділити основні напрями удосконалення методів очищення стічних вод:

- інтенсифікація окисних процесів;
- включення до технологічного процесу обробки кавітації як одного із сучасних методів очищення стічних вод.

Завдяки високій інтенсивності вібрації та температурі в окремій точці кавітацією активно руйнуються органічні сполуки, колоїди, клітинні мембрани мікроорганізмів і навіть знищуються віруси. У зв'язку з цим кавітаційну обробку можна використовувати як на стадії первинного очищення рідких речовин, так і для їх доочищення та знезаражування.

Таким чином, подальші розробки щодо удосконалення суднових систем очищення стічних вод доцільно вести в напрямку механічних та фізико-хімічних методів. Правильні послідовності технологічних прийомів обробки суднових відходів дозволять виключити недоліки окремих методів перевагами інших (синергетичний ефект), скоротити час обробки небезпечних рідин, знизити енерговитрати та кількість реагентів.

Список використаних джерел

1. Бойченко С. В., Саєнко Т. В. Екологічна освіта – основа сталого розвитку суспільства. Київ : Видавництво університету «Україна», 2013. 502 с.
2. Зеркалов Д. В., Ткачук К. Н., Ткачук К. К. Інженерна екологія: проблеми, моніторинг, управління : монографія. Київ : Основа, 2011. 209 с.
3. Васильев А. Л., Васильев Л. А., Бокова И. В. Биологическая предочистка в технологиях водоподготовки для питьевых целей : монография. Н. Новгород : Изд-во ННГАСУ, 2011. 118 с.
4. Опыт и перспективы применения УФ-обеззараживания. Часть I / С. В. Волков, С. В. Костюченко и др. *Экология и промышленность России*. 2000. Сентябрь. С. 30-34.
5. Макаров В. Г., Никитин В. С., Симоненко А. С. Общесудовые и специальные системы и устройства / под общ. ред. В. Г. Макарова. *Машиностроение : Энциклопедия в 40 томах*. Т. IV (20). Корабли и суда. Книга 1. Санкт-Петербург : Политехника, 2003. С. 526-607.
6. Найденко В. В., Губанов Л. Н., Чернышева В. Н. Технология очистки промышленных сточных вод: метод. указания к выполнению курсового и дипломного проектов по разделу «Очистка промышленных сточных вод». Напорные гидроциклоны. Горький : Изд-во ГИСИ им. В. П. Чакова, 1981. 64 с.
7. Решняк В. И. Автономные плавучие и береговые сооружения для очистки нефтесодержащих и подсланевых вод. *Сб. трудов СПбГУВК*. Санкт-Петербург : ФБОУ ВПО «СПбГУВК», 1996. С. 37-48.

8. Мизгирев Д. С. Проектирование специальных систем судов комплексной переработки отходов : автореф. ... дис. канд. техн. наук / Волжская государственная академия водного транспорта. Н. Новгород, 2009. 24 с.
9. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз, теория и практика / пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного. Москва : Колос, 1982. 148 с.
10. Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки / пер. с англ. М. Ф. Пушкарёва ; под ред. Е.А. Бирюковой. Москва : Агропромиздат, 1987. 152 с.
11. Guisi Lofrano. Green Technologies for Wastewater Treatment. Energy Recovery and Emerging Compounds Removal. Springer Netherlands, 2012. 92 p.
12. Ямамото Акихиро. Экологические мероприятия и переработка отходов на транспорте. *Yuso tenbo = Quart. J. Distrib. and Transp.* 2005. № 244. С. 21–28.
13. Сагайдак А. И. Проблема водяного балласта и пути ее решения. *Вестник ОДМА.* 2008. № 2. С. 81-94.
14. International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments. Москва : Моркнига, 2005. 120 с.
15. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. (МАРПОЛ) и Протокол 1978 г. [Введ. 02.10.1973]. Москва : ЦРИА «Морфлот», 1980. 364 с.

References

1. Boichenko, S. V. (2013). *Ekolohichna osvita – osnova staloho rozvytku suspilstva [Environmental education is the basis of sustainable development of society]*. Ukraine University Press.
2. Zerkalov, D. V., Tkachuk, K. N., Tkachuk, K. K. (2011). *Inzhenerna ekolohiia: problemy, monitoringh, upravlinnia Autonomous floating and onshore facilities for the treatment of oily and undershaft waters [Engineering ecology: problems, monitoring, management]*. Osnova.
3. Vasylev, A. L. (2011). *Biologicheskaiia predochistka v tekhnologiiakh vodopodgotovki dlia pitevykh tcelea [Biological pretreatment in water treatment technologies for drinking purposes]*. Izd-vo NNGASU.
4. Volkov, S. V. (2000). *Opyt i perspektivy primeneniia UF-obezzarazhivaniia. Chast I [Experience and prospects for the use of UV disinfection. Part I]*. Sentiabr. pp. 30-34.
5. Makarov, V. H., Nykytyn, B. C., Symonenko, A. S. (2003). *Obshchesudovye i spetsialnye sistemy i ustroistva [General ship and special systems and devices]* (pp. 526-607). Polytekhnika.
6. Naidenko, V. V., Gubanov, L. N., Chernysheva, V. N. (1981). *Tekhnologiia ochistki promyshlennykh stochnykh vod [Industrial wastewater treatment technology]*. Izd-vo GISI im. V. P. Chkalova.
7. Reshniak, V. I. (1996). *Avtonomnye plavuchie i beregovye sooruzheniia dlia ochistki neftesoderzhashchikh i podslanovykh vod [Autonomous floating and onshore facilities for the treatment of oily and undershaft waters]* (pp. 37-48).
8. Mizgirev, D. S. (2009). *Proektirovanie spetsialnykh sistem sudov kompleksnoi pererabotki otkhodov [Design of special systems for vessels for complex waste processing]*.
9. Baader, V., Done, E., Brennderfer, M. (1982). *Biogaz, teoriia i praktika [Biogas, theory and practice]*. Kolos.
10. Boils, D. (1987). *Bioenergiia: tekhnologiia, termodinamika, izderzhki [Bioenergy: technology, thermodynamics, costs]*. Agropromizdat.
11. Guisi Lofrano. (2012). *Green Technologies for Wastewater Treatment. Energy Recovery and Emerging Compounds Removal*. Springer Netherlands.
12. Yamamoto Akikhiro. (2005). *Ekologicheskiiia meropriiatiiia i pererabotka otkhodov na transporte [Environmental measures and waste recycling in transport]*, (244), pp. 21-28.
13. Sagaidak, A.I. (2008). Problema vodianogo ballasta i puti ee resheniia [Ballast water problem and solutions]. *Vestnik ODMA* (pp. 81-94).
14. Diplomaticheskaia konferentsiia (2005). *Mezhdunarodnaia Konventciia o kontrole sudovykh ballastnykh vod i osadkov i upravlenii imi [International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments]*. Morknyha.
15. *Mezhdunarodnaia konventciia po predotvrashcheniiu zagriazneniia s sudov 1973 g. (MARPOL) i Protokol 1978 g. [International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (MARPOL) and Protocol 1978]*. TsRIA «Morflot».

UDC 502.36

*Nataliia Urum, Mykola Lytvyn, Oksana Riashchenko, Oksana Babere***METHODS OF PROCESSING LIQUID DANGEROUS SUBSTANCES ON MIXED SWIMMING VESSELS**

After being used on a ship, polluted water and air enter the environment, deteriorating its ecological condition. Therefore, it is necessary to provide such characteristics of the vessel that will bring it closer to an environmentally safe object, which impact on nature meets the established norms and requirements. Today, the navy uses mainly two ways to solve the problem of waste ships of inland and mixed (river-sea) navigation. On the one hand, this is the economic use of water resources, and on the other - the development (improvement) of engineering methods for processing liquid hazardous substances (neutralization, purification, etc.). The task of the study is to address these shortcomings of the existing system of integrated services. The problem needs to be solved to improve the methods of processing liquid hazardous substances on vessels of mixed navigation. The analysis of recent research and publications has shown that the developments and research conducted by scientists are focused on partial technical issues, but not on solving the general problem of waste disposal. The aim of the work is to develop recommendations for improving the methods of processing liquid hazardous substances on ships of mixed (river-sea) navigation. The main directions of improvement of methods of sewage treatment are allocated in article: - intensification of oxidative processes; - inclusion in the technological process of cavitation treatment as one of the modern methods of wastewater treatment. Due to the high intensity of vibration and temperature at a single point, cavitation actively destroys organic compounds, colloids, cell membranes of microorganisms and even viruses. In this regard, cavitation treatment can be used at the stage of primary purification of liquid substances, and for their purification and disinfection. Thus, further developments to improve ship wastewater treatment systems should be conducted in the direction of mechanical and physico-chemical methods. The correct sequence of technological methods of wastewater treatment processing will eliminate the disadvantages of some methods by the advantages of others (synergistic effect), reduce the processing time of hazardous liquids, reduce energy consumption and the number of reagents.

Keywords: *environmental friendliness; cavitation; oxidation; processing; liquid pollutants; sewage.*

Table: 5. Fig.:8. References: 15.

Урум Наталія Степанівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри природничо-математичних та інженерно-технічних дисциплін. Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій (вул. Фанагорійська, 7, м. Ізмаїл, 68600, Україна).

Urum Natalia – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of Natural Sciences, Mathematics and Engineering. Danube Institute of Water Transport of the State University of Infrastructure and Technologies (7 Fanagoriyska Str., 68600 Izmail, Ukraine).

E-mail: ,urum_n@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2493-9314>

Литвин Микола Лукич – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри соціально-гуманітарних дисциплін. Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій (вул. Фанагорійська, 7, м. Ізмаїл, 68600, Україна).

Lytvyn Mykola – PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Social Sciences and Humanities. Danube Institute of Water Transport of the State University of Infrastructure and Technologies (7 Fanagoriyska Street, Izmail, 68600, Ukraine).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1010-2329>

Рященко Оксана Іванівна - старший викладач кафедри природничо-математичних та інженерно-технічних дисциплін. Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій (вул. Фанагорійська, 7, м. Ізмаїл, 68600, Україна).

Riashchenko Oksana - senior lecturer of the department of natural-mathematical and engineering-technical disciplines. Danube Institute of Water Transport of the State University of Infrastructure and Technologies (7 Fanagoriyska Str., 68600 Izmail, Ukraine).

E-mail: ,oksanaivanovna561@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9242-0752>

Бабере Оксана Сергіївна – асистент кафедри соціально-гуманітарних дисциплін. Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій (вул. Фанагорійська, 7, м. Ізмаїл, 68600, Україна).

Babere Oksana – Assistant of the Department of Social Sciences and Humanities. Danube Institute of Water Transport of the State University of Infrastructure and Technology (7 Fanagoriyska Str., 68600 Izmail, Ukraine).

E-mail: ksuchaburlak@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8711-8495>