

УДК 621.181.2
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/25>

Данилян А.Г.

Дунайский институт
Национального университета «Одесская морская академия»

Тирон-Воробьёва Н.Б.

Дунайский институт
Национального университета «Одесская морская академия»

Романовская О.Р.

Дунайский институт
Национального университета «Одесская морская академия»

Маслов И.З.

Дунайский институт
Национального университета «Одесская морская академия»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ И ОЧИСТКИ БАЛЛАСТНЫХ ВОД

В статье изложена проблематика «скопления-переселения» чужеродных инвазий с постоянным «переносом» балластной воды на морских судах; также внимание акцентируется на основных требованиях нововведённой конвенции ИМО (англ. International Maritime Organization, IMO) (в частности, более «ужесточённое» требование D-2). По заданной конвенции (ссылаясь на основные правила и придерживаясь основных требований) авторами – сотрудниками Дунайского института НУ «ОМА» (г. Измаил) приведена доработанная усовершенствованная схема-концепция по разработке установки для обеззараживания и очистки балластных вод морских судов. Заданная концепция основывается на нанотехнологических принципах усовершенствования очистного сооружения балластных вод. Надлежащим преимуществом в предложенной установке являются необходимые «ключи-подходы», с одной стороны, мощного химического реагента, с другой же – высокотехнологичного конструктивного решения (более усовершенствованного, включающего принципы электрогидроудара), позволяющего избежать глубокого «заражения» балластных вод инвазивными чужеродными видами, в частности, индикаторными микробами.

Ключевые слова: балластные воды, угроза морских судов, инвазии, забортная вода, система обеззараживания и очистки балластных вод, электрогидроудар.

Состояние (постановка) проблемы в общем виде и её связь с важными научными или практическими заданиями. В ранее опубликованных научных трудах авторов по данной тематике была предусмотрена конкретная цель – создание системы обеззараживания и очистки балластных вод на уровне современных требований D-2. Для этого были изучены новейшие установки обеззараживания и очистки балластных вод ведущих мировых производителей: Alfa Laval, Hyde Guardian, Ray Clean™, Elite Marine Ballast, Water Treatment System Corp и др. Многие из них далеки от уровня предъявляемых требований ИМО 71-й Конференции (MEPC 71/17) Комитета по защите морской среды.

Правило-требование D-2 определяет следующие нормативы качества балластных вод, которые должны содержать:

1) менее 10 жизнеспособных организмов размером 50 мкм или более в наименьшем измерении на один кубический метр;

2) менее 10 жизнеспособных организмов размером от 10 до 50 мкм в наименьшем измерении на один см³.

Индикаторные микробы, используемые для целей стандартов охраны здоровья человека, в следующих концентрациях:

1) токсигенный холерный вибрион (серогруппы O1 и O139) – менее 1 колониеобразующей единицы (КОЕ) на 100 см³ или менее 1 КОЕ на 1 г (сырого веса) образцов зоопланктона;

2) кишечная палочка – менее 250 КОЕ на 100 см³;

3) кишечные энтерококки – менее 100 КОЕ на 100 см³ [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Появление болезнетворных опасных штаммов в балластных водах стало достаточно частым явлением, если учесть, что сброс сточных вод в отдельных странах Африки, Индокитая производится без должной санитарной обработки. По результатам проводимых исследований в китайских портах на протяжении ряда лет выявлены болезнетворные штаммы кишечной палочки *E. coli*, в три и более раз превышающие предельный уровень [2]. Частыми становятся случаи по обнаружению и выявлению холерного вибриона в прибрежных водах острова Гаити; гепатит С, А часто обнаруживается в моллюсках, населяющих побережье Индии.

Наш Черноморский бассейн становится плацдармом переселений инвазий из других водных ресурсов планеты. Обнаружены новые виды пришельцев: многощетинкового червя – полихета *Streblospio sp.* (впервые был обнаружен в Новороссийском порту в 2001 г., в устье реки Цемес с численностью 980 экз./м²). Наблюдается большое количество средиземноморской копеподы-вселенца – циклопоидной *Oithona davisae*. Все эти инвазии появились в Чёрном море в связи с постоянным «перемещением» балластных вод судов. На фоне приближающейся техногенной катастрофы Чёрного моря в Украине Кабинет Министров отменил контроль изолированных балластных вод в портах (Постановление от 27 марта 2019 г.) с целью сниже-

ния коррупционной составляющей при контроле судов экологическими службами портов. На первый взгляд данное постановление отвечает международным нормам контроля балластных вод, которые в 2015 году были отменены во всем цивилизованном мире. К сожалению, Украина не пошла по пути электронного контроля, оставив открытым вопрос защиты от чужеродных инвазий своих территориальных вод. В настоящее время цивилизованный мировой флот проводит перевооружение судов в соответствии с требованиями D-2. Последние требования ИМО по сбросу балластных вод будут контролироваться специальным оборудованием с оповещением экологических служб портов в режиме онлайн (рис. 1) [3].

Формирование целей статьи.

Целью статьи является обоснование ранее предложенной схемы-системы управления обеззараживанием и очисткой балластных вод с соответствующим дополнением – применением электрогидроудара – более эффективного принципа уничтожения чужеродных инвазий.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием достигнутых научных результатов. Ранее разработанная сотрудниками Дунайского института Национального университета «Одесская морская академия» (ДИНУ «ОМА», г. Измаил) принципиальная схема по обеззараживанию и очистке балластных вод в настоящее время доработана и усовершенствована

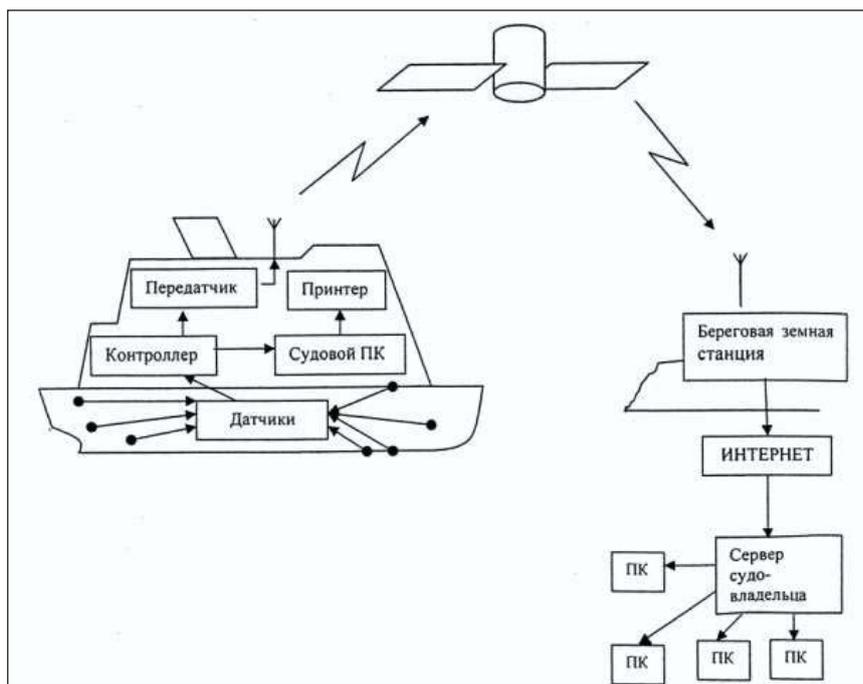


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга процесса замены балластных вод

с учётом повышенных требований D-2 (рис. 2 – Принципиальная схема очистки балластных вод, разработанная авторами статьи).

По мнению авторов статьи, удалось подойти к 100% обеззараживанию и очистке балластных вод благодаря интегрированию в схему очистки системы обеззараживания эффекта электрогидравлического удара. Данный метод впервые используется в установках подобного типа.

Обеззараживание сточных вод электрогидроударом зарекомендовало себя на протяжении длительного периода использования как эффективный и достаточно дешёвый метод уничтожения бактериальных колоний и патогенных штаммов.

Перенос данного метода в сферу деятельности Мирового морского флота сулит большие финансовые выгоды, значительно повышая уровень уничтожения инвазий, обеззараживая и очищая балластные воды.

На рис. 3. показана схема создания электрогидравлического эффекта (ЭГЭ), включающая источник питания с конденсатором в качестве накопителя электроэнергии. Напряжение на конденсаторе повышается до значения, при котором происходит самопроизвольный пробой воздушного формирующего промежутка, в этот момент вся энергия, накопленная в конденсаторе, мгновенно поступает на рабочий промежуток в жидкости, где и выделяется в виде короткого электрического импульса большой мощности. В дальнейшем сам процесс проходит при заданной ёмкости и напряжении, повторяясь с частотой, зависящей от мощности питающего трансформатора.

Опытным путём были установлены основные параметры ёмкости и напряжения различных рабочих режимов, которые увеличивают силу пробоя либо её снижают. Были установлены следующие режимы:

- жёсткий: $U > 50 \text{ кВ}$; $C < 0,1 \text{ мкФ}$;
- средний: $20 \text{ кВ} < U < 50 \text{ кВ}$; $0,1 \text{ мкФ} < C < 1,0 \text{ мкФ}$;
- мягкий: $U < 20 \text{ кВ}$; $C > 1,0 \text{ мкФ}$.

Диаметр искры (стример) пропорционален мощности импульса, сам стример имеет достаточно плотную структуру, вокруг которого наблюдается высвобождение тепловой энергии с высокой ионизацией жидкости с появлением повышенной кавитации. Давление на оболочке стримера достигает десятков тыс. бар и более, которое резко снижается от оболочки к периферии в ёмкости с водой.

ЭГЭ обладает мощным воздействием на жидкость, сравнимый с радиационным химическим эффектом высокой степени ионизации.

В ранних опытах, поставленных ещё в 50-х годах, показаны хорошие результаты гибели бактерий под действием электрогидравлических ударов. Доказано, что под воздействием электрогидроударов в жидкости появляется мощный источник ультразвукового эффекта. В диапазоне 10-40 кГц звуковое давление составляет $2 \cdot 10^6 \text{ Па}$, что и является основным фактором интенсивной гибели микроорганизмов.

Под действием ультрафиолетового и рентгеновского излучения плазмы канала стримера с выделением атомарного кислорода происходит полное сжигание всего органического, находящегося в воде. Варьируя показателями создания

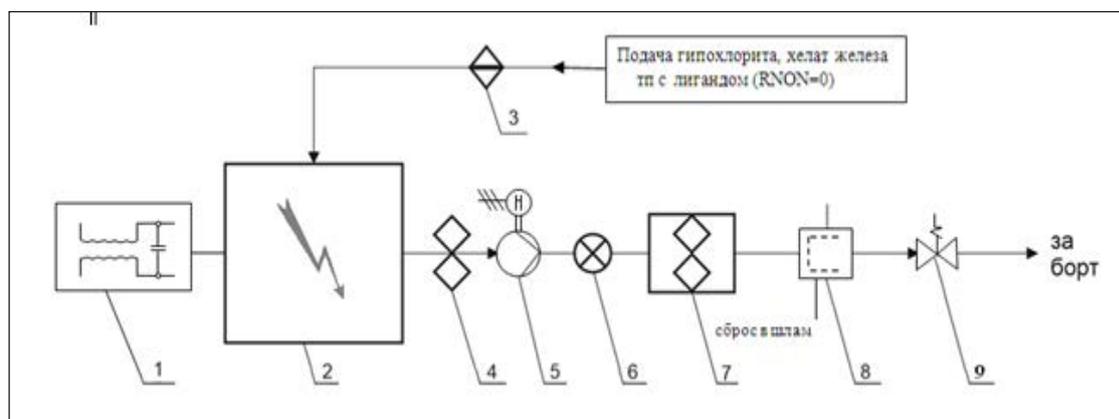


Рис. 2. Принципиальная схема очистки балластных вод, разработанная авторами статьи ДИ НУ «ОМА», г. Измаил: 1 – высокочастотный блок электрогидроудара, 2 – балластный танк, 3 – дозатор реагентов, 4 – фильтр грубой очистки, 5 – балластный насос, 6 – регулятор подачи воды, 7 – камера УФ, 8 – саморазгружающийся фильтр тонкой очистки, 9 – быстрозапорный клапан

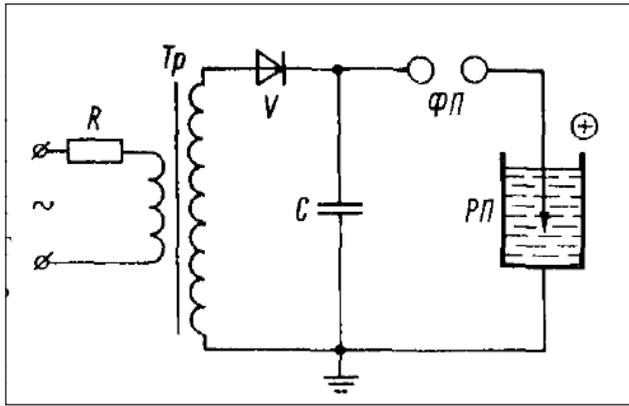


Рис. 3. Електрична схема для воспроизведения ЭГЭ с одним формирующим промежутком: R – зарядное сопротивление, ТР – трансформатор, V – выпрямитель, ФП – формирующий искровой промежуток, РП – рабочий искровой промежуток в жидкости, С – конденсатор

электрогидравлического удара и изучив особенности инвазий, болезнетворных штаммов, находящихся в балластной воде, можно разрушать любую клеточную структуру живых организмов [4].

Схема вновь доработанной установки принципиально отличается от многих других установок ведущих мировых фирм. В ней заложены два основных элемента, ранее никогда не использованные для обеззараживания и очистки

балластных вод. Это система ЭГЭ и система саморазгружающегося фильтра тонкой очистки с применением вращающихся фильтровальных дисков из нанотрубок, выращенных искусственным путём.

Выводы. Предлагаемая установка для использования её в Мировом морском флоте имеет неоспоримые преимущества: саморазгружающийся фильтр с нанотрубными вставками, который позволяет делать отсев твёрдых элементов и микроорганизмов в изолированных балластных водах до 10 микрон с низким сопротивлением проходящей воды; применение нового реагента хелата железа для обеззараживания и уничтожения (очистки) живых организмов в балластной воде, который прошёл успешные испытания по уничтожению вредных моллюсков в растениеводстве, что даёт полную уверенность его использования в изолированном судовом балласте; интегрирование системы ЭГЭ для обработки балластных вод является самым действенным элементом предлагаемой установки. Энергозатраты установки составляют 0,2–0,3 кВт на 1 м³, что вполне приемлемо для использования даже на самых больших океанских судах, где производительность откачки балласта доходит до Q = 6 тыс. м³/час.

Список литературы:

1. Доклад комитета по защите морской среды на его семьдесят первой сессии. ИМО, 18 августа 2017 г., Лондон. С. 20.
2. Звягинцев А.Ю., Селифонова Ж.П. Исследование балластных вод коммерческих судов в морских портах России. *Российский Журнал Биологических Инвазий*. 2008. № 2, С. 10.
3. Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference. *International Trends in Science and Technology*. Vol. 2, Desember 25, 2018, Warsaw, Poland. Данилян А.Г., Быковец Н.П., Тирон-Воробьева Н.Б. Новый подход в локализации инвазивных пришельцев в балластных водах морских судов. С. 10–15.
4. Юткин Л.Ю. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Ленинград: «Машиностроение», 1986. С. 246.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА ОЧИСТКИ БАЛАСТНИХ ВОД

У статті викладено проблематику «скупчення-переселення» чужорідних інвазій з постійним «перенесенням» балластної води на морських судах; також увага акцентується на основні вимоги відповідно до нововведеної конвенції ІМО (англ. *International Maritime Organization, IMO*) (зокрема, більш «жорстка» вимога D-2). За заданою конвенцією (посилаючись на основні правила та дотримуючись основних вимог) авторами – співробітниками Дунайського інституту НУ «ОМА» (м. Ізмаїл) приведено допрацьовану вдосконалену схему-концепцію з розробки установки для знезараження й очищення балластних вод морських суден. Задана концепція ґрунтується на нанотехнологічних принципах удосконалення очисної споруди балластних вод. Належною перевагою в запропонованій установці є необхідні «ключі-підходи», з одного боку, потужного хімічного реагенту, з іншого ж – високотехнологічного конструктивного рішення (вдосконаленого, що включає принципи електрогідродудару), що дає змогу уникнути глибокого «зараження» балластних вод від інвазивних чужорідних видів, зокрема індикаторних мікробів.

Ключові слова: балластні води, загроза морських суден, інвазії, забортна вода, система знезараження та очистки балластних вод, електрогідродудар.

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF DECOMPOSITION AND CLEANING OF BALLAST WATER

The article deals with the problem of “accumulation-relocation” of alien invasions with constant “transfer” of ballast water on sea-going ships; attention is focused on the basic requirements of the IMO (the International Maritime Organization) Convention (in particular, the more “toughened” requirement D-2). For a given convention (referring to the basic rules and adhering to the basic requirements), a modified and improved schematic concept for the development of a facility for decontamination and cleaning of ballast water of sea vessels is presented by the authors – lectures of the Danube Institute NU “OMA” (Izmail). The given concept is based on nanotechnological principles for improving the ballast water treatment plant. A proper advantage in the proposed installation is the necessary “key approaches”, on the one hand, a powerful chemical reagent, on the other hand, a high-tech constructive solution (more advanced, incorporating the principles of electro-hydraulic shock) to avoid deep “contamination” of ballast waters from invasive alien species, in particular, also indicator microbes.

Key words: ballast water, safety, threat of sea vessels, invasions, seawater, ballast water treatment and treatment system, electro-hydraulic shock.