

КОНЦЕПЦИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СУДОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

**Д. С. Мизгирев, В. Н. Захаров,
Н. С. Отделкин, А. С. Слюсарев**

*ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет
водного транспорта», г. Нижний Новгород, Россия*

Рецензент д-р техн. наук, профессор Н. С. Попов

Ключевые слова: активированные окислительные технологии; инженерная защита окружающей среды; комплексное взаимодействие систем; модернизация специальных судовых систем; синергетический эффект; суда комплексной переработки отходов.

Аннотация: Рассмотрена классификация судовых отходов, закрепленная российскими и международными нормативными документами. Предложены основные пути уменьшения негативного воздействия речных судов на окружающую среду путем ограничения образования и сброса сточных вод с использованием активированных окислительных технологий. Обоснована целесообразность ряда способов обращения и утилизации нефтесодержащих вод. Проанализирована проблема переноса инвазивных микроорганизмов с судовыми балластными водами и представлены пути ее решения. Рассмотрены вопросы обращения и утилизации судового мусора, очистки дымовых и отработавших газов, особенности работы систем и агрегатов переработки судовых отходов, объединенных в единый комплекс, представлены направления модернизации существующих систем.

В качестве варианта решения существующих проблем комплексного обслуживания флота на судоходных участках рекомендовано применение автономных современных СКПО, реализующих указанные принципы и направления модернизации специализированного судового оборудования.

Мизгирев Дмитрий Сергеевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, e-mail: MizgirevDS@yandex.ru; Захаров Василий Николаевич – доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник; Отделкин Николай Станиславович – доктор технических наук, профессор, проректор по конвенционной подготовке; Слюсарев Анатолий Сидорович – доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», г. Нижний Новгород, Россия.

Введение

Проблемы экологии и охраны окружающей среды становятся все более острыми по мере развития общества и научно-технического прогресса, который стремительно увеличивает свое влияние на природу. Негативному антропогенному воздействию подвержены все составляющие биосферы – почва, атмосфера и гидросфера с проживающими в них флорой и фауной.

Интенсивное развитие судоходства привело к строительству качественно нового флота с мощными энергетическими установками; высокими грузоподъемностью, пассажироместимостью и скоростью. Массовая эксплуатация таких судов сопровождается неминуемым ростом негативного воздействия на окружающую среду вследствие непрерывного образования при их эксплуатации разнообразных отходов, подлежащих нейтрализации и удалению.

Несмотря на влияние финансового кризиса, в последние годы наблюдается рост грузо- и пассажироперевозок речным флотом, а также использование транзитных судов в качестве стационарных гостиниц, причалов, накопителей, насосных станций и т.п. Судовладельцы используют топлива худшего качества, экономят на обслуживании и ремонтах судов, вынуждены производить несанкционированные сбросы. Указанные причины приводят к повышению эмиссии вредных загрязняющих веществ с судов в окружающую среду. Связано это не только со стремлением судовладельцев снизить затраты на обслуживание флота, но и с выявляющимся несовершенством самой системы. Существующая в настоящее время система комплексного обслуживания флота (**КОФ**) является сложной, многокомпонентной и географически привязанной, что приводит к необоснованным простоям судов, затратам на промежуточные операции транспортирования отходов, и, в итоге, к высоким финансовым затратам и потере прибыли у судовладельцев и эксплуатирующих организаций.

После потребления на судне вода и воздух в загрязненном состоянии вводятся в окружающую среду, ухудшая ее экологическое состояние. В связи с этим необходимо обеспечить такие характеристики судна, которые приблизили бы его к экологически безопасному объекту, воздействие которого на природу не подвергает ее риску и соответствует установленным нормам и требованиям [1, 2].

В соответствии с принятой в настоящее время классификацией судовых отходов, закрепленной международными нормативными документами, можно выделить три основные группы [3, 4]:

1. Жидкие, в состав которых входят:

а) сточные воды (**СВ**);

б) нефтесодержащие воды (**НВ**);

в) балластные воды (**БВ**);

г) загрязненные воды, требующие специальной очистки.

2. Твердые (мусор).

3. Газообразные отходы (отработавшие (**ОГ**) и дымовые (**ДГ**) газы двигателей внутреннего сгорания (**ДВС**), газотурбинных установок, котлоагрегатов и печей-инсинераторов).

Основными путями уменьшения негативного воздействия речных судов на окружающую среду является реализация следующих мероприятий.

Пути снижения негативного воздействия судов речного флота и смешанного (река – море) плавания на окружающую среду

1. *Снижение загрязнений сточными водами.* Количество СВ на судах находится в прямой зависимости от водопотребления. Следовательно, уменьшить воздействие судна на окружающую среду СВ возможно за счет сокращения водопотребления или создания оборотных систем [5].

Во-первых, нужно сократить расход воды через водоразборную арматуру камбуза, душевых, умывальников и унитазов: за счет дросселирования потока воды при различных давлениях по палубам (2–3 % экономии); путем снижения времени холостого истечения (до 30 % экономии).

На судах оборотные системы могут найти применение в системах технической воды: для смыва унитазов, питательной воды котлоагрегатов, в системах охлаждения судовых энергетических установок (СЭУ) и установках по очистке газов (при «мокрых» методах обработки). Для осуществления данной идеи необходимо очищать и обеззараживать СВ до определенных кондиций [5].

Активная инженерная защита природы подразумевает применение на судах станций очистки СВ (СОСВ). Завершающей операцией технологии обработки СОСВ всегда является обеззараживание, которое позволяет довести параметры очищенных стоков до нормируемых. Чаще всего в судовых СОСВ в качестве дезинфектанта используются хлор и озон. Однако в последнее время находят применение ультрафиолетовое излучение (УФИ) и термоокисление, дающие возможность создания оборотных систем водоснабжения [6 – 10].

При существующих технологиях для обеспечения качества очищенной воды СОСВ проектируется со значительным запасом по степени очистки, что гигиенически гарантировано избыточной концентрацией бактерицидного агента. Известно, что неправильно выбранная доза реагента приводит к образованию побочных продуктов окисления, которые плохо удаляются в процессе очистки и более токсичны, чем исходные загрязнения (фенолы, хлориды, броматы, формальдегиды, кетоны и др.), что особенно опасно при попадании таких вод в системы водоснабжения [11 – 14]. Данное положение требует обязательного регулирования процесса обеззараживания.

Таким образом, целесообразно использование активированных окислительных технологий (АОТ), заключающихся в комбинированном воздействии экологически безопасных окислителей – пероксида водорода, озона, ионов меди или титана, УФИ (« $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{УФИ}$ », « $\text{O}_3 + \text{УФИ}$ », « $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3 + \text{УФИ}$ », « $\text{TiO}_2 + \text{УФИ}$ », « $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3$ » и т.д.). Гидроксильные радикалы ОН разлагают органические вещества до полной минерализации, а трудно окисляемые неорганические примеси окисляются до высших форм окислов и удаляются постфильтрацией. Эффективность способа объясняется синергетическим эффектом отдельных воздействий каждого из применяемых средств [15 – 17]. Учитывая особенности судовых СОСВ, наиболее приемлемыми процессами являются « $\text{O}_3 + \text{УФИ}$ », « $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3 + \text{УФИ}$ ».

Второй путь модернизации СОСВ – обработка СВ кавитацией. Для ее генерации в настоящее время применяются механические, электро-механические, гидродинамические, виброакустические и другие устройства [18, 19]. Применительно к судовым СОСВ необходимо устройство, отвечающее следующим требованиям: низкий напор на входе (200...500 кПа); возможность подачи реагентов непосредственно в зону зарождения кавитации; высокая производительность при небольших массогабаритных показателях; простота конструкции и эксплуатации; долговечность элементов при работе с агрессивными средами. Анализ данных [18, 19] показывает, что из всех разновидностей наиболее удовлетворяют обозначенным требованиям гидродинамические кавитаторы. Кроме того, авторами доказан синергетический эффект при одновременном воздействии АОТ и кавитации, позволяющий снизить дозу активного окислителя при обозначенном комплексном воздействии на 30 – 50 %.

2. Проблема очистки и переработки нефтесодержащих вод. В связи с ужесточающимися требованиями российского и международного законодательства в области предотвращения загрязнения целесообразно применять следующие пути решения проблемы НВ:

1) Оснащать суда современными станциями очистки НВ (**СОНВ**), обеспечивающими необходимое качество очистки при заданной производительности. Однако, учитывая высокую стоимость и значительные массу и габариты подобного оборудования, его применение целесообразно только в составе судов комплексной переработки отходов (**СКПО**).

2) Использовать НВ после предварительной обработки в водо-топливной эмульсии (**ВТЭ**) котлов и инсинераторов. Предложение позволит не только частично отказаться от оборудования по очистке НВ, но и уменьшить количество вредных веществ в ДГ, что целесообразно как в экологическом, так и финансовом аспектах.

3) Создавать объединенные судовые системы очистки СВ и НВ, что позволит проводить их эффективную очистку с использованием универсальных технологий обработки сред, имеющих резко отличающиеся исходные характеристики. Тем самым есть вероятность применения типовых узлов и оборудования с возможностью их укрупнения в агрегаты, что в свою очередь приведет к уменьшению массогабаритных характеристик и энергопотребления. Надежная и качественная очистка СВ и НВ возможна исключительно при реализации многоступенчатых технологических схем, однако на стадии доочистки применяются одни и те же приемы. Как отмечено выше, за основу объединенной системы следует брать СОСВ с добавлением блока обработки НВ на первой стадии очистки и элементов системы автоматического замера, регистрации и управления сбросом на финальной.

3. Обращение с балластными водами и их обработка. Относительно БВ можно сделать вывод, что практически применимыми и эффективными являются следующие способы решения проблемы:

1) Обработка БВ на борту судна специальными системами очистки БВ (**СОБВ**). Из проведенного анализа конструкций следует, что практически все производители используют в технологическом процессе фильтрацию и обеззараживание УФИ, либо активным химическим реагентом [20].

Одним из направлений разработки СОБВ является применение кавитации в сочетании с окислением примесей БВ озоном. В данном случае также целесообразно использование гидродинамических кавитаторов при регулируемом процессе озонирования. Способ позволит получить хорошие результаты, но установка специального оборудования затратна для судовладельцев.

2) Создание специализированных плавучих станций обработки БВ в портах или установка таких систем на СКПО. Применение высокопроизводительной СОБВ на плавсредстве позволит комплексно решить проблему БВ на конкретной акватории. Мобильное СКПО сможет приспособиваться к ситуации на судоходном участке или акватории порта, обеспечивать качественную и своевременную обработку БВ транзитных судов и оказывать прочие услуги по КОФ.

3) Строительство «безбалластных судов» сможет в корне решить проблему БВ, однако данный способ применим только для проектируемых и вновь строящихся судов и сопряжен с рядом технических сложностей.

4) Повторное использование балласта также является достаточно эффективным способом, однако при простоте и относительной дешевизне для его реализации в порту потребуются СОБВ для их первичной обработки, специальные системы и хранилища большого объема.

5) Обработка БВ на специализированных приемных сооружениях. Данный способ более эффективен, безопасен и стоимость такой очистки ниже по сравнению с прочими видами, что немаловажно в современных условиях. Однако использование таких технических средств вызовет изменение маршрутов и простои судов, кроме того, на территории России в настоящее время таких средств еще нет, и их строительство пока не планируется.

4. *Уничтожение и утилизация твердых судовых отходов.* Снабжение крупных и средних судов инсинераторами решает проблему по уничтожению, а при выполнении определенных условий, и утилизации всех основных видов судового мусора с одновременной генерацией тепловой энергии. Различные шламы СОСВ и СОНВ, мазутные остатки также могут служить топливом для судовых котлов и инсинераторов.

5. *Проблема дымовых и отработавших газов.* Механизм образования токсичных веществ в ОГ и ДГ СЭУ имеет принципиальные отличия, что не позволяет снизить эмиссию универсальным средством. Решение проблемы возможно по двум направлениям – уменьшение вредности газов в процессе их образования и снижение токсичности.

Возможные пути снижения вредных веществ в выпускных газах приведены в литературе [21].

Наиболее перспективны четыре малозатратных мероприятия по снижению токсичности ОГ и ДГ:

- очистка газов,
- предварительная обработка топлива,
- ВТЭ;
- рециркуляция.

Их внедрение не требует значительной модернизации СЭУ, а значит, они могут использоваться как для проектируемых, так и находящихся в эксплуатации судов.

Также перспективно применение присадок к топливу и альтернативных сортов топлив [22], однако пока их использование на флоте сдерживается экономическими факторами. На крупных судах и СКПО в качестве добавки к основному топливу возможно использование альтернативного вида топлива – биогаза, генерируемого из осадка СВ и относящегося к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ).

Следует учитывать, что большинство судовых отходов также являются ВИЭ и их применение экономически и экологически целесообразно, так как одновременно с проблемой их утилизации существенно сократится расход нефтяного топлива. Следовательно, необходимо использование максимального количества возобновляемой энергии, выделяющейся при сгорании ВИЭ. Данную задачу можно решить посредством создания систем переработки отходов в ВИЭ, утилизации теплоты и использования последней для работы различных судовых систем.

Совершенствование СКПО для модернизации существующей системы комплексного обслуживания флота

Как показывает статистический обзор, для ряда средних и малых речных судов установка перечисленного оборудования на борту невозможна, что связано с рядом факторов: малым количеством образующихся отходов, значительной массой и габаритами установок, высоким энергопотреблением, дороговизной оборудования, дополнительными затратами на эксплуатацию, обслуживание, ремонт и т.п.

Таким образом, для речных судов целесообразен способ отдельного накопления отходов с последующей передачей на переработку береговым предприятиям. Однако, рассмотрев его достоинства и недостатки, можно сделать вывод, что и он не оптимален. Объясняется это, прежде всего, экономической стороной вопроса. Необходима развитая, постоянно действующая инфраструктура со значительными затратами на ее эксплуатацию. При этом система оказывается жестко привязанной к географическому положению береговых объектов и не может изменяться в соответствии с грузо- и пассажиропотоками, так как имеет постоянную производительность.

Следовательно, в качестве оптимального решения проблемы судовых отходов можно рекомендовать применение автономных современных СКПО. Применение их актуально благодаря ряду следующих преимуществ: мобильности; обслуживанию любого судоходного участка; максимальной эффективности; небольших затрат на постройку и эксплуатацию; а также они не требуют строительства капитальных сооружений. Применяемые взаимодействующие системы переработки отдельных видов отходов, объединенные в комплексы, используя АОТ и синергетический эффект, смогут обеспечивать высокое качество очистки, отвечая не только существующим, но и перспективным требованиям природоохранного законодательства. При этом представляется возможным и применение для всего перерабатывающего комплекса единого окислителя – озона (в АОТ).

В данном случае необходимо применение технологий, обеспечивающих не переработку, а утилизацию отходов [23, 24]. Так, нефтешламы, сухой мусор, шламы СВ и НВ утилизируются сжиганием. Перспективно использование альтернативного вида топлива – биогаза, генерируемого из осадка СВ и пищевых отходов. Получаемую теплоту целесообразно использовать для нужд самого судна: технологических систем, СЭУ и т.п., избыточная энергия может передаваться внешним потребителям. В результате реализации технологии на СКПО будет скапливаться небольшое количество неперерабатываемого мусора и сухой зольный остаток, которые сдаются на береговые предприятия.

Заключение

На основе анализа существующей ситуации с КОФ в России для решения проблемы судовых отходов предлагается применение нового типа СКПО, отличающегося комплексным подходом к утилизации судовых отходов, что обеспечит максимальный экономический эффект у потребителя при минимальных эксплуатационных затратах.

В современных условиях перед речным флотом стоит задача получения максимальной прибыли. Для этого следует увеличить объем перевозок грузов и пассажиров при снижении затрат на обслуживание флота. Поэтому необходимо обновить речной флот, оснащая его не только экономичными и комфортабельными судами, но и наиболее эффективным и сравнительно дешевым оборудованием, обеспечить его инфраструктуру, чему и способствует разработка предлагаемого проекта.

Список литературы

1. Установление требований экологичности продукции в стандартах и технических условиях : Рекомендации ВНИИС: Р50-601-22-92. – М. : Изд-во ВНИИС, 1992. – 14 с.
2. Решняк, В. И. Регулирование эксплуатационного и аварийного загрязнения окружающей среды на объектах водного транспорта / В. И. Решняк, З. Юзвяк, А. Г. Щуров // Вестн. гос. ун-та морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2013. – № 1. – С. 85 – 90.
3. Международная Конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими. – СПб. : ЦНИИМФ, 2005. – 120 с.
4. Наумов, В. С. Проблема аварийных сбросов опасных грузов с судов / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин, А. А. Парахина // Журнал университета водных коммуникаций. – 2011. – № 3. – С. 149а – 156.
5. Водоподготовка на ТЭС при использовании городских сточных вод / И. М. Абдуллин, И. А. Малахов, Л. Н. Полетаев, А. С. Соболев. – М. : Энергоиздат, 1988. – 271 с.
6. Внедрение технологии УФ-обеззараживания сточных вод / В. М. Бутин, В. И. Жуков, С. В. Костюченко [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – № 12. – С. 18 – 20.
7. Сотниченко, С. А. Синергизм при совместном воздействии УФ-излучения и озонирования в процессах очистки питьевой воды / С. А. Сотниченко, Б. Г. Бравый, Л. Р. Янгуразова // Вода: экология и технология : тез. докл. Второго Междунар. конгресса, 17 – 21 сентября 1996 г., Москва. – М., 1996. – С. 261.

8. Стахов, Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов / Е. А. Стахов. – Л. : Недра, 1983. – 263 с.
9. Сторонский, В. И. Сточные воды после доочистки на техническое водоснабжение ТЭЦ / В. И. Сторонский, Б. В. Ферендович // Водоснабжение и санитарная техника. – 1984. – № 9. – С. 20 – 21.
10. Карастелев, Б. Я. Комплекс технологий термического обезвреживания судовых сточных и нефтесодержащих вод : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.08.05 / Б. Я. Карастелев. – Владивосток, 2000. – 38 с.
11. Апельцина, Е. И. Некоторые особенности применения озона при подготовке питьевой воды / Е. И. Апельцина // Информационный центр «Озон». – М., 1994. – Вып. 2. – С. 29 – 34.
12. Драгинский, В. Л. Повышение эффективности очистки воды с использованием технологии озонирования и сорбции на активных углях / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 1995. – № 2. – С. 16 – 20.
13. Трояновский, Е. И. Сравнительный технико-экономический анализ различных технологических схем обработки твердых судовых отходов / Е. И. Трояновский, Е. И. Соснушкин, Л. И. Швецева // Сб. тр. Науч.-техн. общества судостроителей им. А. Н. Крылова. – 1984. – Вып. 401. – 46 с.
14. Singel, P. C. Assessing Ozonation Research Needs in Water Treatment / P. C. Singel // American Water Works Association Journal. – 1990. – Vol. 82, No. 10. – P. 78 – 88.
15. Курников, А. С. Совершенствование систем обеспечения обитаемости и повышение экологической безопасности судов на основе активированных окислительных технологий : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.08.03 / А. С. Курников. – Н. Новгород, 2002. – 39 с.
16. Абрамов, В. О. Озоно-ультразвуковая обработка сточных вод / В. О. Абрамов, А. Е. Гехман [и др.] // Вода: экология и технология : тез. докл. IV Международ. конгресса Экватек-2000, 30 мая – 02 июня 2000 г., Москва. – М., 2000. – С. 463 – 464.
17. Скурлатов, Ю. И. Ультрафиолетовое излучение – технология настоящего и будущего в процессах водоподготовки и водоочистки / Ю. И. Скурлатов, Е. В. Штамм // Экология и промышленность России. – 2000. – № 4. – С. 24 – 27.
18. Пирсол, И. Кавитация / И. Пирсол ; пер. с англ. Ю. Ф. Журавлева. – М. : Мир, 1975. – 98 с.
19. Мизгирев, Д. С. Использование гидродинамических кавитаторов для обеззараживания воды / Д. С. Мизгирев, А. С. Курников, И. В. Катраева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4 (34). – С. 243 – 247.
20. Сустретова, Н. В. Требования по балластировке с учетом предотвращения биологического загрязнения с судов / Н. В. Сустретова, В. Н. Захаров, В. Л. Этин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – 7 с.
21. Зубрилов, С. П. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов / С. П. Зубрилов, Ю. Г. Ищук, В. И. Косовский. – Л. : Судостроение, 1989. – 256 с.
22. Голицын, М. В. Альтернативные энергоносители / М. В. Голицын, А. М. Голицын, Н. В. Пронина ; отв. ред. Г. С. Голицын. – М. : Наука, 2004. – 159 с.
23. Полезная модель 85476 Российская Федерация, МПК C02F 11/00. Комплекс систем для мобильной станции переработки эксплуатационных судовых отходов с целью их последующей рекуперации / А. С. Курников, Д. С. Мизгирев ; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта». – № 2009104258/22 ; заявл. 09.02.2009 ; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 22. – 2 с.

24. Пат. 2381185 Российская Федерация, МПК C02F 11/00. Способ комплексной переработки эксплуатационных судовых отходов с использованием рекуперации / А. С. Курников, Д. С. Мизгирев ; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта». – № 2007119837/15 ; заявл. 28.05.2007 ; опубл. 10.02.2010, Бюл. № 4. – 8 с.

References

1. *Ustanovleniye trebovaniy ekologichnosti produktsii v standartakh i tekhnicheskikh usloviyakh: Rekomendatsii VNIIS: R50-601-22-92* [Establishment of environmental friendliness requirements in standards and specifications: VNIIS recommendations: R50-601-22-92], Moscow: Izdatel'stvo VNIIS, 1992, 14 p. (In Russ.)
2. Reshnyak V.I., Yuzvyak Z., Shchurov A.G. [Regulation of operational and emergency environmental pollution at water transport facilities], *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* [Bulletin of the State University of the Sea and River Fleet named admiral S.O. Makarov], 2013, no. 1, pp. 85-90. (In Russ., abstract in Eng.)
3. *Mezhdunarodnaya Konventsiya o kontrole sudovykh ballastnykh vod i osadkov i upravlenii imi* [International Convention on the Control and Management of Ship's Ballast Water and Precipitation], St. Petersburg: TSNIIMF, 2005, 120 p. (In Russ.)
4. Naumov V.S., Plastinin A.Ye., Parakhina A.A. [The problem of emergency dumping of dangerous goods from ships], *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsiy* [Journal of the University of Water Communications], 2011, no. 3, pp. 149a-156. (In Russ., abstract in Eng.)
5. Abdulliyev I.M., Malakhov I.A., Poletayev L.N., Sobol' A.S. *Vodopodgotovka na TES pri ispol'zovanii gorodskikh stochnykh vod* [Water treatment at thermal power plants using urban wastewater], Moscow: Energoizdat, 1988, 271 p. (In Russ.)
6. Butin V.M., Zhukov V.I., Kostyuchenko S.V. [et al.] [Implementation of technology for UV-disinfection of wastewater], *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 1996, no. 12, pp. 18-20. (In Russ.)
7. Sotnichenko S.A., Bravyi B.G., Yangurazova L.R. *Voda: ekologiya i tekhnologiya: tezisy dokladov Vtorogo Mezhdunarodnogo kongressa* [Water: ecology and technology: abstracts of the Second International Congress], 17 - 21 September, 1996, Moscow, 1996, p. 261. (In Russ.)
8. Stakhov Ye.A. *Ochistka neftesoderzhashchikh stochnykh vod predpriyatii khrane-niya i transporta nefteproduktov* [Purification of oily wastewater from oil storage and transport enterprises], Leningrad: Nedra, 1983, 263 p. (In Russ.)
9. Storonskiy V.I., Ferendovich B.V. [Wastewater after purification for technical water supply to the CHPP], *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 1984, no. 9, pp. 20-21. (In Russ.)
10. Karastelev B.Ya. *Extended abstract of Doctor's of technical thesis*, Vladivostok, 2000, 38 p. (In Russ.)
11. Apel'tsina Ye.I. [Some features of the use of ozone in the preparation of drinking water], Moscow, 1994, issue 2, pp. 29-34. (In Russ.)
12. Draginskiy V.L., Alekseyeva L.P. [et al.] [Increasing the efficiency of water purification using the technology of ozonation and sorption on activated carbon], *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 1995, no. 2, pp. 16-20. (In Russ.)
13. Troyanovskiy Ye.I., Sosnushkin Ye.I., Shvetseva L.I. [Comparative technical and economic analysis of various technological schemes for the treatment of solid ship waste], *Sbornik trudov Nauchno-tekhnicheskogo obshchestva sudostroiteley im. A. N. Krylova* [Proceedings of the Scientific and Technical Society of shipbuilders named A. N. Krylova], 1984, issue 401, 46 p. (In Russ.)

14. Singel P.C. Assessing Ozonation Research Needs in Water Treatment, *American Water Works Association Journal*, 1990, vol. 82, no. 10, pp. 78-88.
15. Kurnikov A.S. *Extended abstract of Doctor's of technical thesis*, N. Novgorod, 2002, 39 p. (In Russ.)
16. Abramov V.O., Gekhman A.Ye. [et al.] *Voda: ekologiya i tekhnologiya: tezisy dokladov IV Mezhdunarodnogo kongressa Ekvatek-2000* [Water: ecology and technology: abstracts of the IV International Congress of Equatek-2000], 30 May - 02 June, 2000, Moscow, 2000, pp. 463-464. (In Russ.)
17. Skurlatov Yu.I., Shtamm Ye.V. [Ultraviolet radiation - the technology of the present and future in the processes of water treatment and purification], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2000, no. 4, pp. 24-27. (In Russ.)
18. Pirsol I. *Kavitatsiya* [Cavitation], Moscow: Mir, 1975, 98 p. (In Russ.)
19. Mizgirev D.S., Kurnikov A.S., Katrayeva I.V. [Use of hydrodynamic cavitators for water disinfection], *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering], 2015, no. 4 (34), pp. 243-247. (In Russ., abstract in Eng.)
20. Sustretova N.V., Zakharov V.N., Etin V.L. [Requirements for ballasting, taking into account the prevention of biological pollution from ships], *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2012, no. 2, 7 p. (In Russ., abstract in Eng.)
21. Zubrilov S.P., Ishchuk Yu.G., Kosovskiy V.I. *Okhrana okruzhayushchey sredy pri ekspluatatsii sudov* [Environmental Protection in the Operation of Ships], Leningrad: Sudostroyeniye, 1989, 256 p. (In Russ.)
22. Golitsyn M.V., Golitsyn A.M., Pronina N.V., Golitsyn G.S. [Ed.] *Al'ternativnyye energonositeli* [Alternative energy sources], Moscow: Nauka, 2004, 159 p. (In Russ.)
23. Kurnikov A.S., Mizgirev D.S. *Kompleks sistem dlya mobil'noy stantsii pererabotki ekspluatatsionnykh sudovykh otkhodov s tsel'yu ikh posleduyushchey rekuperatsii* [A complex of systems for a mobile station for the processing of operational ship-generated waste with a view to their subsequent recovery], Russian Federation, 2009, Utility model 85476. (In Russ.)
24. Kurnikov A.S., Mizgirev D.S. *Sposob kompleksnoy pererabotki ekspluatatsionnykh sudovykh otkhodov s ispol'zovaniyem rekuperatsii* [The method of integrated processing of operational shipboard waste using recovery], Russian Federation, 2010, Pat. 2381185. (In Russ.)

The Concept of Improving Vessel Environmental Engineering Systems in Integrated Waste Management

**D. S. Mizgirev, V. N. Zakharov,
N. S. Otdelkin, A. S. Slyusarev**

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Keywords: activated oxidative technologies; environmental engineering; integrated system interaction; modernization of special ship systems; synergistic effect; integrated waste processing vessels.

Abstract: The work is dedicated to the design of special ship systems for integrated waste treatment (SSIWT) using activated oxidizing technologies, the synergistic effect and the integrated interaction of the indicated systems and their elements.

The classification of ship-generated waste consolidated by Russian and international regulatory documents is considered. The main ways to reduce the negative impact of river vessels on the environment by limiting the formation and discharge of wastewater (WW) using activated oxidative technologies are proposed. The expediency of a number of methods for the treatment and disposal of oily water (OW) is substantiated. The problem of the transfer of invasive microorganisms with ship's ballast water (BW) is analyzed and ways to solve it are presented. The issues of handling and disposal of shipboard waste, cleaning of flue and exhaust gases, features of the operation of systems and units for processing ship-generated waste combined into a single complex are considered, the directions of modernization of existing systems are presented.

As an option to solve the existing problems of comprehensive fleet maintenance (CFM) in shipping areas, the use of autonomous modern SSIWT that implement the principles and directions of modernization of specialized marine equipment specified in the article is recommended.

© Д. С. Мизгирев, В. Н. Захаров,
Н. С. Отделкин, А. С. Слюсарев, 2020