

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 629.5.068.3

Д. С. Мизгирев,
канд. техн. наук, доцент,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

А. С. Курников,
д-р техн. наук, профессор,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

О. А. Почкалов,
аспирант,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД (СОСВ)

EXPERIMENTAL RESEARCH OF MODERN SHIP WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS (WWTS)

Статья посвящена решению актуальной проблемы совершенствования обозначенных систем, являющихся в настоящее время одним из основных элементов инженерной защиты окружающей среды на судах речного флота. Авторами рассмотрены особенности работы существующих схем обработки сточных вод (СВ). Предложены варианты решения проблемы в виде новых технологических схем систем, а также представлены результаты натурных испытаний экспериментальных образцов.

The scientific article «Experimental research of modern ship wastewater treatment systems (WWTS)» authors Mizgirev D.S., Kournikov A.S. and Pochkalov O.L. devoted to solution of actual problems of the improvement of the identified systems, which is currently one of the main elements of engineering protection of environment at the river vessels. The authors consider the existing schemes of wastewater treatment systems. Proposed solutions in the form of new technological schemes of systems, and also presents the results of field tests of experimental samples.

Ключевые слова: судовые сточные воды, очистка сточных вод, судовые станции очистки сточных вод, проектирование судовых станций очистки сточных вод, испытания судовых станций очистки сточных вод.

Key words: ship waste water, waste water treatment, ship wastewater treatment systems, design of ship stations of sewage treatment, the testing of ship waste water treatment plants.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ судов неизбежно связана с возникновением и решением проблем охраны окружающей среды и обеспечения соответствия эмиссии загрязняющих веществ современным нормативным требованиям.

В процессе эксплуатации при использовании воды для пищевых и хозяйственных нужд на судне скапливаются СВ. В общем случае СВ можно классифицировать по основным признакам [3; 8; 10; 19; 20] в соответствии со схемой, изображенной на рис. 1.

Основные методы очистки СВ перечислены на рис. 2, а их принцип действия и характеристики подробно рассмотрены в литературных источниках [3, с. 463–464; 4; 5; 8; 11; 14; 15, с. 37–48; 20; 21].

Из всего многообразия приведенных методов наибольший интерес представляют те (выделены на рис. 2), которые используются или могут быть использованы на судах и отвечают судовым требованиям.

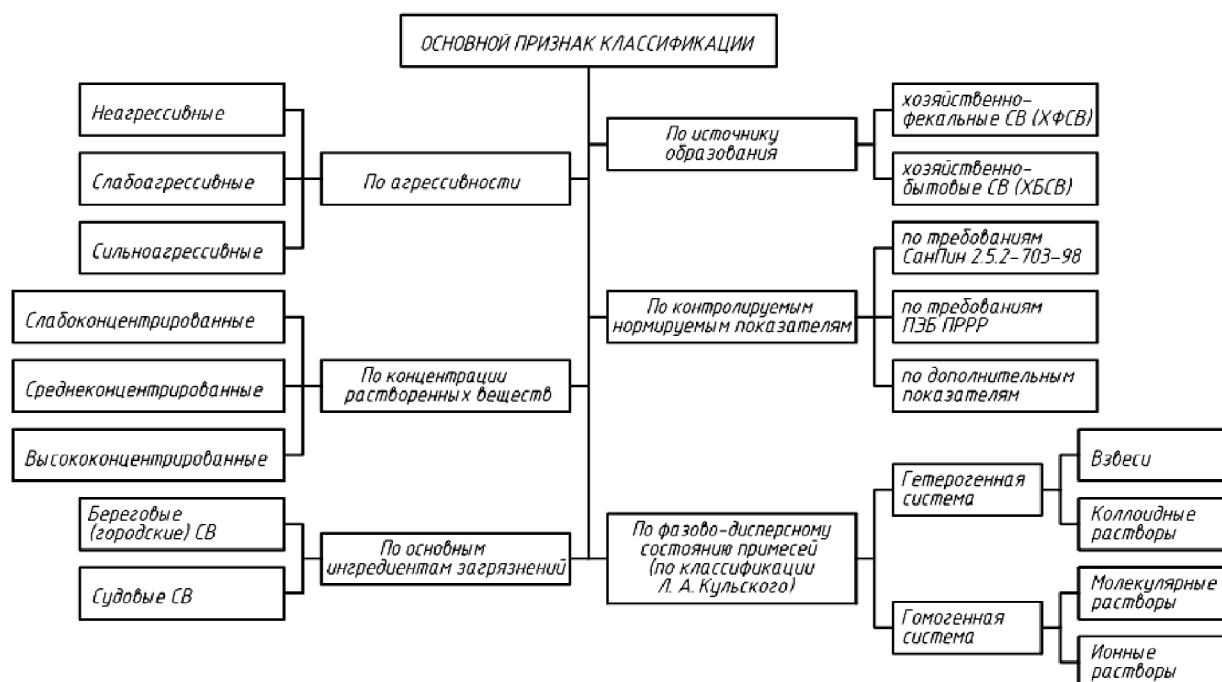


Рис. 1. Классификация СВ

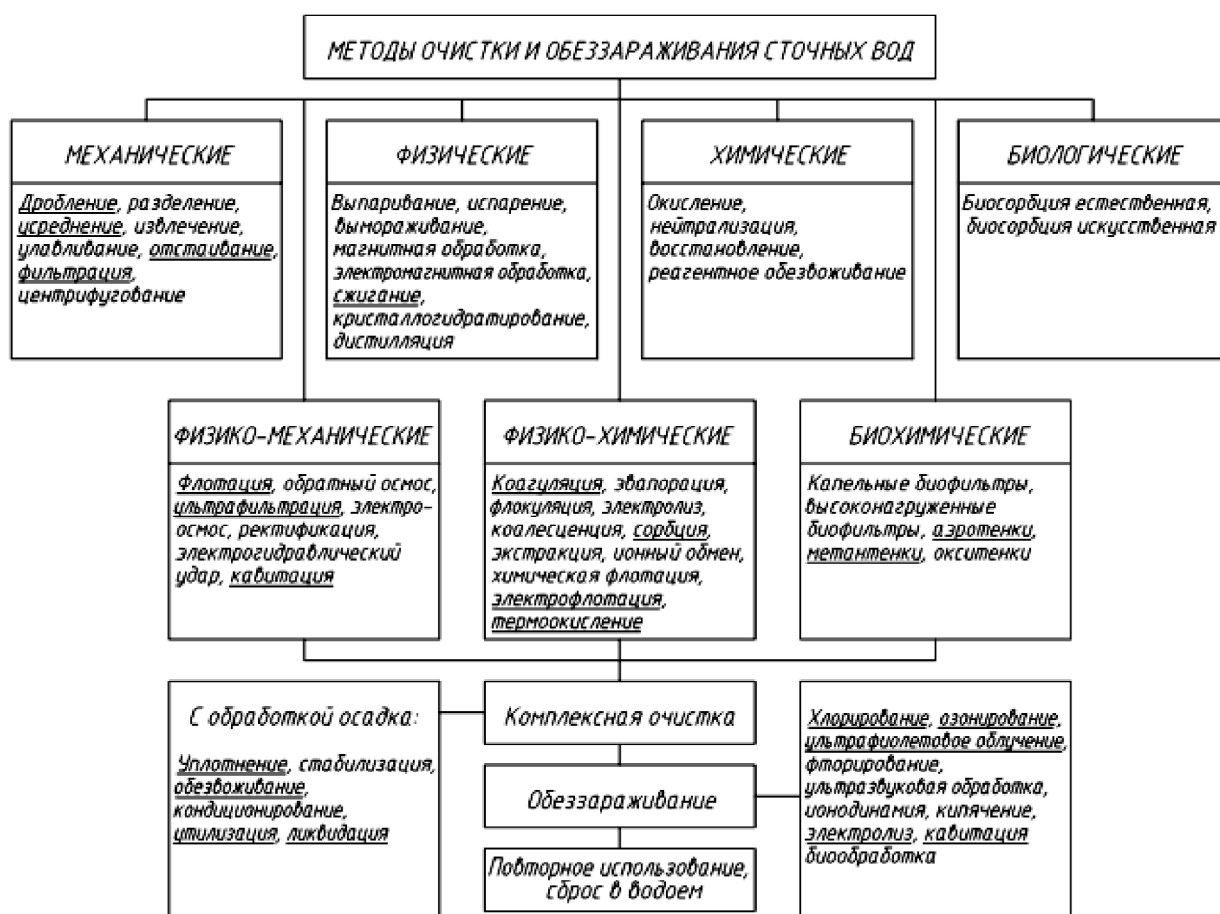


Рис. 2. Основные методы очистки СВ

Эксплуатирующиеся в настоящее время судовые системы для очистки и обеззараживания СВ классифицируют по методу обработки: механическая, биохимическая и физико-химическая.

По первому методу работают СОСВ типа “HL-CONT” (Германия). При простоте и доступности процесса недостатком здесь является отсутствие финишной фильтрации, то есть очищенные СВ не соответствуют нормативным требованиям и не допускаются к сбросу [7].

По второму — системы с продленной аэрацией: «Био-Компакт» «Кареа» (Германия), «Унекс-Био», «СТП» «Унекс-Симултан», (Финляндия), «ЛК» (Польша), «Термобиомак», «Трайидент» (Великобритания), «СТС Диспозер», «Сиуэй» (Япония); с продленной минерализацией: «Эвак МБР», «ЗЕБРА» (Финляндия) [7; 9; 13].

Основное достоинство данных систем — высокая степень очистки СВ, простота установки, возможность повторного использования СВ, возможность полной автоматизации. Недостатками являются: длительность процесса вывода СОСВ на нормальный режим (от 5 до 10 сут); чувствительность к гидравлическим колебаниям нагрузки, изменениям состава, концентрации, солесодержания и температуры СВ; влияние на процесс очистки жиров, масел, ПАВ; значительное время обработки СВ (в среднем 18–24 ч); высокие массогабаритные характеристики; гибель ила в случае прекращения подачи СВ на 20–30 ч.

Третий метод очистки СВ на судах используется чаще. В судовых СВ до 60 % органических загрязнителей находятся в коллоидном состоянии, что не позволяет удалить их фильтрацией или отстаиванием. Доминирующее положение из перечисленных типов систем на речных судах занимают «Сток» и «ЭОС».

Эти системы обладают практически мгновенным запуском, не чувствительны к изменениям состава, температуры, концентрации исходной СВ, а также возможностью регулирования качества обработанной воды до определенных пределов и небольшим типоразмерным рядом из-за отсутствия ограничения по минимальной производительности [7; 8; 25; 26].

Основными недостатками являются: необходимость в расходных материалах (химических реагентах, электродах и т. п.); более высокие строительный и эксплуатационные расходы, а также значительное количество образующегося шлама — до 5 % от объема обработанных СВ.

Проанализировав отмеченные достоинства и недостатки, можно сделать вывод о том, что дальнейшие разработки по совершенствованию судовых СОСВ целесообразно вести в направлении механических и физико-химических методов. Рационально комбинируя их, можно достичь требуемой глубины очистки СВ при одновременном снижении энергозатрат и расходных материалов. Правильные последовательности технологических приемов обработки СВ позволяют дополнить недостатки отдельных методов достоинствами других, а также сократить время обработки СВ.

Разработка СОСВ должна производиться в соответствии с требованиями действующей регламентирующей природоохранной документации СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» и ГОСТ 25298-82 «Установки компактные для очистки бытовых сточных вод. Типы, основные параметры и размеры».

В качестве альтернативы предлагаемым в настоящее время на рынке СОСВ авторами была разработана перспективная схема обработки СВ, защищенная патентом на изобретение [1] и представленная на рис. 3.

Принцип действия системы основан на использовании нескольких химических компонентов и физических воздействий для получения чистой воды в замкнутом контуре.

Технологическая схема очистки вод включает следующие процессы: «грубую» фильтрацию, отстаивание, первичную кавитацию, коагуляцию, флотацию, вторичную кавитацию, озонирование, «тонкую» фильтрацию и УФ-излучение.

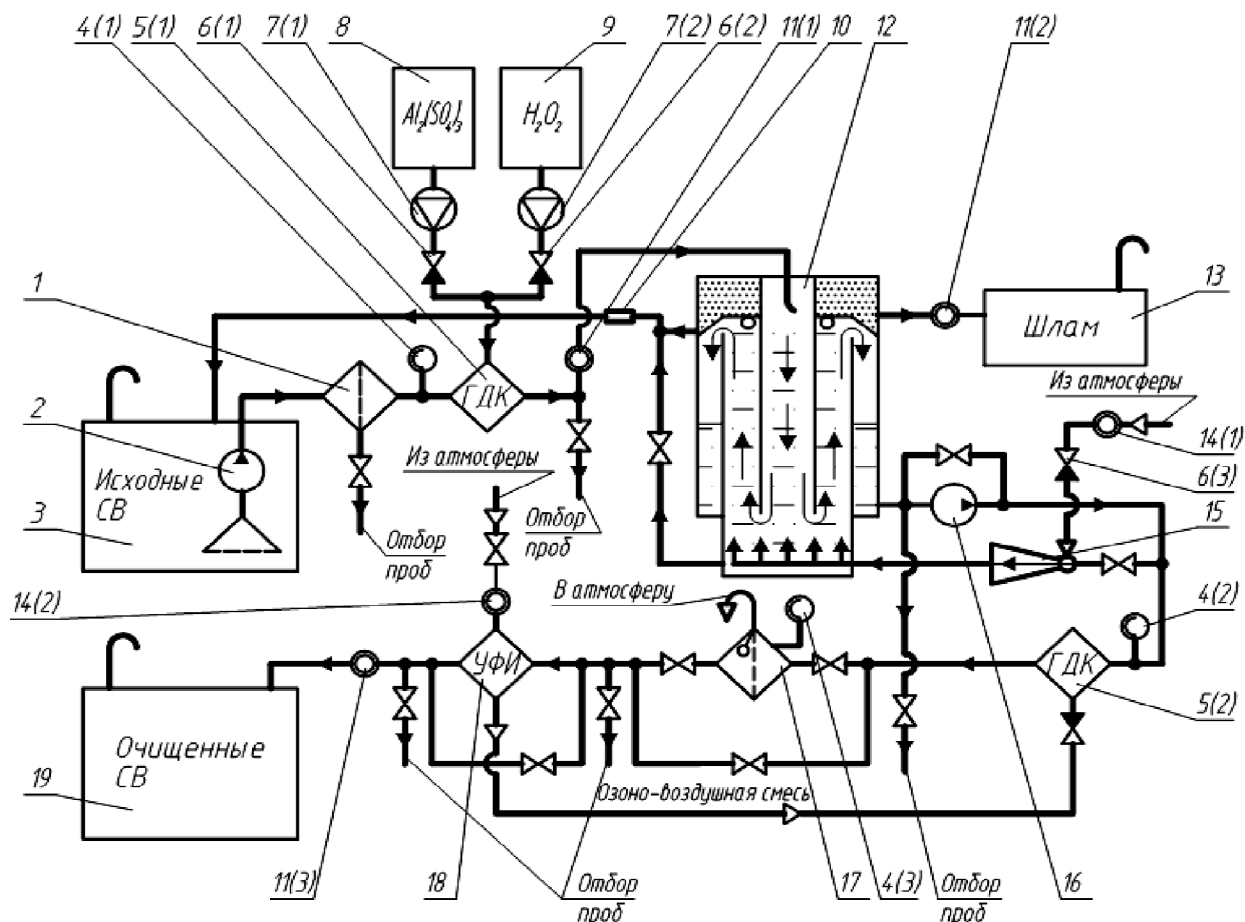


Рис. 3. Принципиальная схема стенда:

- 1 — фильтр сетчатый промывной; 2 — насос фекальный погружной; 3 — емкость исходных СВ;
4 — манометр; 5 — кавитатор гидродинамический; 6 — клапан обратный;
7 — насос-дозатор; 8 — емкость коагулянта; 9 — емкость пергидроля;
10 — вставка гибкая трубопровода стабилизации уровня; 11 — расходомер; 12 — коагулятор-флокатор;
13 — емкость шламовая; 14 — ротаметр; 15 — эжектор; 16 — насос циркуляционный;
17 — контактный фильтр; 18 — УФ-ИО; 19 — емкость очищенных СВ

В настоящее время одним из перспективных физико-механических способов обработки воды является кавитационная обработка.

В общем случае под кавитацией понимают явление разрыва капельной жидкости под действием растягивающих напряжений, обусловленных изменением характеристик полей скоростей и давлений, возникающих при разрежении в рассматриваемой точке жидкости. При разрыве капельной жидкости образуются полости — кавитационные пузырьки (каверны), заполненные паром, газом или их смесью.

Благодаря высокой интенсивности вибрации и температуры в отдельной точке кавитация активно разрушает органические соединения, коллоиды, клеточные мембраны микроорганизмов и даже эффективно уничтожает вирусы. Благодаря этому кавитационную обработку можно использовать и на стадии доочистки СВ для обеззараживания стоков.

Анализ имеющихся в литературе данных по генераторам кавитации показал, что для решения поставленных в работе задач необходимо устройство, отвечающее следующим техническим требованиям: низкий напор на входе (несколько атмосфер); возможность подачи реагентов непосредственно в зону зарождения кавитации; высокая производительность при небольших массогабаритных показателях; простота эксплуатации; долговечность элементов при работе с агрессивными средами.

Нами была выбрана конструкция гидродинамического кавитатора с торообразной камерой. Данное устройство устанавливается непосредственно на напорном трубопроводе насоса, не содержит движущихся деталей, обеспечивает низкое энергопотребление, малые массогабаритные показатели и, как показали эксперименты, надежно работает в большом диапазоне расходов и давлений.

Необходимо отметить, что при подготовке к пуску, промывке и техническом обслуживании систем обязательно используется активный дезинфектант, всегда присутствующий в необходимом объеме при СОСВ. Этими реагентами чаще всего являются активные хлор- или кислород-содержащие препараты.

Таким образом, для судовой СОСВ целесообразно в качестве дополнительного дезинфектанта на отдельных режимах работы вводить пергидроли. Они обладают высокой химической активностью и при разложении образуют активный кислород. Данные реагенты не вступают в химические реакции с озоном и коагулянтom (в отличие от хлора, теряющего свои свойства при попутных реакциях), производятся в составах с высокой концентрацией активного вещества, имеют меньшую токсичность, относительно удобны в судовых эксплуатационных условиях.

В конструкции станда применен коагулятор-флотатор, конструкция которого защищена патентом на полезную модель [2], заменяющий реакционную колонну и флотатор в «классической» схеме [8; 19; 20].

Устройство содержит корпус, состоящий из трех концентрически расположенных круглых в плане обечаек, внутренняя из которых является камерой коагуляции, куда через тангенциальный ввод подается обрабатываемая вода, внутренняя и средняя образуют камеру флотации, средняя и внешняя — емкость сбора, отстоя и накопления очищенной воды; блок подачи водогазовой смеси; систему стабилизации уровня. Конической перегородкой в верхней части аппарата между наружной и средней обечайками организована камера сбора и удаления пены. В конструкции полностью отсутствуют подвижные детали, удаление пены и отвод обработанной воды осуществляются самотеком.

Флотация загрязнений улучшена применением эжекции атмосферного воздуха. Для предотвращения уноса очищенной воды патрубок отвода пены вварен на уровне верхней кромки конической перегородки, а очищенная вода из нижней части пенной камеры отводится на рециркуляцию.

Для второго эксперимента использовались СВ (фекальные) с т/х ОТ 1505 (п. Октябрьский, Октябрьская БТОФ). Отбор проб выполнен по методике [22]. Анализу подвергались исходные СВ (проба № 1), СВ после кавитатора № 1 (проба № 2), вода после коагулятора-флотатора (проба № 3); после фильтра (проба № 4) и очищенная вода после УФИО (проба № 5).

Испытания производились при расходах: СВ фекальным насосом — 2,4 м³/ч; очищенной воды — 2,0 м³/ч; коагулянта — 1000 г/(м³ СВ); Н₂О₂ — 100 г/(м³ СВ); воздуха: эжектором — 0,63 м³/ч; в УФИО — 0,4 м³/ч. Давления: перед кавитатором № 1 — 350 кПа; перед кавитатором № 2 — 800 кПа; перед эжектором — 300 кПа; перед контактным фильтром — 100 кПа.

Были проведены полные исследования по регламентируемым санитарно-гигиеническим и микробиологическим показателям в испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Нижегородской области» по нормативным документам на объем лабораторных исследований и оценку по [23; 24]. Выдержки из Протокола исследований № 1079-1083 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Выдержки из протокола лабораторных исследований СВ

Показатель	Норматив	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	Проба № 4	Проба № 5
Санитарно-гигиеническая лаборатория						
Взвешенные вещества, мг/л	Не нормируется	14,1	8,0	6,4	5,8	1,0
Биохимический показатель кислорода БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Не нормируется	41,5	25,9	16,2	12,3	10,7

Таблица 1
(Окончание)

Микробиологическая лаборатория						
Колифаги, БОЕ в 100 мл	Не более 100	21,0	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Термотолерантные колибактерии ТКБ, КОЕ в 100 мл	Не более 100	270000,0	4200,0	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Общие колиформные бактерии ОКБ, КОЕ в 100 мл	Не более 100	740000,0	7800,0	8500,0	7300,0	Не обнаружено
Патогенные микроорганизмы, в 1000 мл	Отсутствие в 1000 мл	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Коли-индекс, в 1 дм ³	Не более 1000	Более 23800,0	23000,0	23000,0	9400,0	Менее 900,0

Из результатов эксперимента следует, что обработанная СВ соответствует нормативам по всем контролируемым показателям. Исходя из работоспособности технологии, целесообразно ее применение в судовых и стационарных СОСВ. Подобная установка может быть также использована и для комплексной очистки загрязненных СВ и природных вод в целях водоснабжения технической (оборотной) водой судов, отдельных производств, предприятий, организаций, бассейнов, малых муниципальных образований и т. д.

В заключение по результатам проделанной работы можно сделать следующие основные выводы, касающиеся вопросов проектирования и производства современных СОСВ.

1. Использование кавитации обеспечивает достаточно высокое обеззараживание СВ как при первичной очистке, так и на финальной стадии обработки.

2. При совместном использовании кавитации и окислительных технологий выявлен синергетический эффект, при котором можно получить высокий эффект очистки СВ.

3. Рациональное совмещение отдельных технологических приемов обработки позволяет не только достичь более глубокой очистки, но и экономит реагенты и электроэнергию.

4. Применение дополнительных дезинфектантов при изменении свойств и состава СВ упрощает и удешевляет конструкцию СОСВ, а также снижает эксплуатационные затраты.

В современных условиях перед речным флотом стоит задача получения максимальной прибыли: для этого необходимо увеличить объем перевозок грузов и пассажиров при снижении затрат на обслуживание флота. Следовательно, необходимо обновить речной флот, оснащая его не только новыми экономичными и комфортабельными судами, но и модернизировать существующие, тем самым обеспечив его инфраструктуру, чему и способствует разработка и внедрение современных СОСВ.

Список литературы

1. Заявка на пат. на изобретение 2012134663/05, МПК C02F1/24, C02F3/02. Способ очистки воды и устройство для его осуществления / Курников А. С., Мизгирев Д. С., Молочная Т. В., Кубарев С. Л. Заявитель и патентообладатель ООО «МИП «Энергосберегающие технологии»». — Заявл. 14.08.2012. — 12 с.: ил.

2. Пат. на полезную модель 132066 U1, МПК C02F1/24. Коагулятор-флотатор / Курников А. С., Мизгирев Д. С. Заявитель и патентообладатель ООО «МИП «Энергосберегающие технологии»». — Заявл. 24.12.2012; опубл. 10.09.2013. — 8 с.: ил.

3. *Абрамов В. О.* Озоно-ультразвуковая обработка сточных вод / В. О. Абрамов, А. Е. Гехман [и др.] // Вода и экология: тез. докл. IV Междунар. конгресс. — М.: СИБИКО Интернэшнл, 2000.
4. Водное хозяйство промышленных предприятий: справ. изд.: в 2 кн. / В. И. Аксенов [и др.]. — М.: Теплотехник, 2005. — Кн. 1. — 640 с.: ил.
5. Водоподготовка на ТЭС при использовании городских сточных вод / И. М. Абдуллин, И. А. Малахов [и др.]. — М.: Энергоиздат, 1988. — 632 с.: ил.
6. *Галеев Р. Г.* Современные закрытые системы очистки сточных вод НПЗ / Р. Г. Галеев, Э. Г. Теляшев [и др.] // Вода и технология: тез. докл. III Междунар. конгресс. — М.: СИБИКО Интернэшнл, 1998. — С. 283–384.
7. Судовые установки очистки сточных вод: способы очистки, устройство, эксплуатация: справ. пособие / Н. Г. Ермошкин [и др.]. — Одесса: ФЕНИКС, 2004. — 56 с.: ил.
8. *Зубрилов С. П.* Охрана окружающей среды при эксплуатации судов / С. П. Зубрилов, Ю. Г. Ищук, В. И. Косовский. — Л.: Судостроение, 1989. — 256 с.: ил.
9. *Косовский В. И.* Судовые биохимические установки для обработки сточных вод / В. И. Косовский // ЦБНТИ Минречфлота РСФСР. — М., 1983. — Вып. 10. — 40 с.
10. *Курников А. С.* Концепция повышения экологической безопасности судна: моногр. / А. С. Курников. — Н. Новгород: Изд-во ВГАВТа, 2002. — 80 с.: ил.
11. *Маслов И. Н.* Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: учебник для вузов / И. Н. Маслов, Ю. И. Коробов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1997. — 238 с.
12. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. и Протокол 1978 г. — М.: ЦРИА «Морфлот», 1980. — 364 с.
13. Охрана морской среды: учеб. пособие для вузов / В. П. Волошин. — Л.: Судостроение, 1987. — 208 с.
14. Предотвращение загрязнения моря с судов: учеб. пособие для вузов / С. Н. Нунупаров. — М.: Транспорт, 1985. — 288 с.: ил.
15. *Решняк В. И.* Автономные плавучие и береговые сооружения для очистки нефтесодержащих и подсланевых вод / В. И. Решняк // Сб. тр. СПГУВК. — СПб.: СПГУВК, 1996.
16. Российский речной регистр. Правила: в 4 т. — М.: По Волге, 2002. — Т. 4. — 264 с.
17. Средства очистки жидкостей на судах: справ. / под общ. ред. И. А. Иванова. — Л.: Судостроение, 1984. — 272 с.: ил.
18. Суда внутреннего и смешанного (река–море) плавания. Санитарные правила и нормы: СанПин 2.5.2-703-98. — М.: Минздрав России, 1998. — 144 с.
19. *Фрог Б. Н.* Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. — М.: МГУ, 1996. — 620 с.: ил.
20. *Этин В. Л.* Экологическая безопасность судов и промышленных предприятий водного транспорта: курс лекций для студ. спец. 14.01, 14.02, 24.02, 33.02 / В. Л. Этин, В. Н. Плотникова, В. С. Наумов. — Н. Новгород: ВГАВТ, 1997 — 208 с.: ил.
21. *Юдицкий Ф. Л.* Защита окружающей среды при эксплуатации судов / Ф. Л. Юдицкий. — Л.: Судостроение, 1978. — 160 с.
22. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. — Введ. 20.04.2000. — М.: Изд-во стандартов, 2000. — 46 с.
23. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы: СанПин 2.1.5.980-00. — М.: Минздрав России, 2000. — 86 с.
24. Суда внутреннего и смешанного (река–море) плавания. Санитарные правила и нормы: СанПин 2.5.2-703-98. — М.: Минздрав России, 1998. — 144 с.
25. Evac. Environmental solutions for the marine industry. EVAC Environmental Solutions Marine Sector / Zodiac Group. — USA, 2005. — № 3. — 20 p.
26. Evac. Environmental solutions for the marine industry. Product catalogue 2006 / Zodiac Group. — USA, 2006. — 495 p.