



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**На тему: Технологии и оборудование для предотвращения загрязнения  
морских экосистем с судов**

**Исполнитель** Строева Екатерина Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** кандидат географических наук, доцент  
(учёная степень, учёное звание)

Дроздов Владимир Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

кандидат географических наук, доцент  
(учёная степень, учёное звание)

Дроздов Владимир Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

«04» 12 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

## Содержание

Введение .....	4
1 Морские транспортные суда как источники загрязнения вод Мирового океана .....	6
1.1 Особенности возможного загрязнения морских экосистем при повседневном функционировании транспортных судов.....	6
1.1.1 Физическое загрязнение (акустическое) .....	7
1.1.2 Химическое загрязнение воды и воздуха.....	9
1.1.3 Биологическое загрязнение балластными водами.....	10
1.2 Особенности возможного загрязнения при авариях транспортных судов	11
1.3 Нормативно–правовая база для обеспечения предотвращения загрязнения морских экосистем с судов .....	12
1.3.1 Основные положения Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78.....	13
1.3.2 Основные положения Международной конвенции по контролю судовых балластных вод и осадков и управлению ими 2004 г. ....	17
1.3.3 Основные положения Международного полярного кодекса .....	19
1.3.4 Кодекс по уровням шума на суда .....	21
1.4 Особенности предотвращения загрязнений морских экосистем в полярных зонах.....	24
2 Технологии и оборудование для предотвращения акустического загрязнения морских экосистем с судов .....	29
3 Технологии и оборудование для предотвращения химического загрязнения морских экосистем с судов .....	35
3.1 Системы очистки и обезвреживания сточных вод на борту судна .....	35
3.2 Системы очистки льяльных вод, содержащих нефтепродукты (сепараторы) .....	42
3.3 Системы утилизации твердых бытовых отходов (инсинераторы) .....	47
4 Технологии и оборудование для предотвращения трансграничного биологического загрязнения морских экосистем с судов .....	51
4.1 Технологии электролиза для обезвреживания судовых балластных вод..	53
4.2 Технологии ультрафильтрации для обезвреживания судовых балластных вод .....	54
4.3 Комбинированные технологии для обезвреживания судовых балластных вод .....	57

4.4 Компании, производящие оборудование для очистки балластных вод ....	58
5 Практические рекомендации .....	67
Заключение .....	69
Список использованных источников .....	71

## Введение

Основной проблемой, связанной с развитием морского транспорта, является его значительное негативное влияние на состояние окружающей среды. В процессе планирования развития транспортной системы следует использовать системный подход для решения экологических вопросов. Важно устранять причины проблем, а не их последствия.

Основная же цель управления транспортом заключается в поиске оптимального баланса между удовлетворением потребностей общества и уменьшением загрязнения окружающей среды. Методы управления будут изменяться в зависимости от местных условий и быть разными для стран, регионов или городов.

Защита окружающей среды является глобальной проблемой нашего времени. В нашем информационном поле всегда есть информация об опасностях, грозящих окружающей среде, однако при этом многие люди все еще относятся к ним как к неприятному, но неизбежному аспекту нашей цивилизации. Люди думают, что у нас еще есть время решить все возникающие проблемы, и до этого всего еще далеко, ведь впереди миллионы лет. Однако, воздействие человека на природу стало все негативнее и если не принимать прямо сейчас какие-либо меры, то те миллионы лет, которые есть в «запасе» стремительно падают вниз. Для радикального улучшения ситуации потребуются целенаправленные и обдуманые действия, какие-то новые решения, возможно даже такие, о каких ученые подумать и не могли. Только при наличии надежных данных о текущем состоянии окружающей среды, при наличии обоснованных знаний о взаимодействии ключевых экологических факторов и разработке новых методов уменьшения и предотвращения ущерба, нанесенного природе человеком, станет возможной ответственная и эффективная политика в отношении окружающей среды.

Целью настоящей диссертации является обоснование выбора наиболее оптимальных технологий и оборудования для предотвращения загрязнения

морских экосистем с судов и составление рекомендаций по их внедрению и использованию.

В рамках поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- изучение нормативно–правовой базы для регулирования загрязнений морских экосистем с судов;
- изучение технологий для предотвращения акустического воздействия с судна;
- изучение технологий и оборудования для предотвращения химического воздействия с судна на морские экосистемы;
- изучение технологий и оборудования по биологическому загрязнению;
- анализ компаний, производящих очистительное оборудование УФ излучения;
- разработка практических рекомендаций по наиболее подходящему составу очистительных установок и технологий по предотвращению загрязнений морских экосистем с судов.

Новизна работы заключается в том, что рассмотрены современные методы, технологии и оборудование для предотвращения загрязнения морских экосистем, проведен анализ и практические рекомендации по эксплуатируемому оборудованию.

# 1 Морские транспортные суда как источники загрязнения вод Мирового океана

## 1.1 Особенности возможного загрязнения морских экосистем при повседневном функционировании транспортных судов

Морские транспортные суда являются одним из главных источников загрязнения вод Мирового океана. В основном, это связано с выбросами судовых двигателей, которые содержат вредные вещества, такие как диоксид серы и оксиды азота.

Также морские транспортные суда являются источниками мусора и отходов, которые выбрасываются в океан. Это может привести к загрязнению вод, нарушению экосистем и даже к гибели морских обитателей.

Для решения этих проблем правительства и международные организации предпринимают различные меры. Например, вводятся ограничения на выбросы судовых двигателей и разрабатываются более экологичные виды топлива. Также проводятся образовательные программы для моряков, чтобы повысить их осведомленность о проблемах загрязнения и необходимости соблюдения экологических стандартов.

В целом, морские транспортные суда продолжают играть важную роль в мировой экономике, но их воздействие на окружающую среду должно быть сведено к минимуму и при эксплуатации соблюдать все правила безопасности. Это требует совместных усилий правительств, судоходных компаний и международного сообщества для обеспечения устойчивого и экологически ответственного судоходства.

Возможное загрязнение морских экосистем при повседневном функционировании транспортных судов может включать следующие особенности:

– Сброс сточных вод: Суда сбрасывают свои сточные воды в море, что может привести к загрязнению морских экосистем. Сточные воды могут содержать бактерии, вирусы, паразиты, химические загрязнители и твердые отходы.

– Нефтяное загрязнение: При эксплуатации судов существует риск разлива нефти, что может нанести значительный ущерб морским экосистемам. Нефтяное пятно может уничтожить морскую флору и фауну, а также нарушить пищевые цепи.

– Загрязнение от тяжелых металлов: Суда могут выбрасывать в море тяжелые металлы, такие как свинец, медь, цинк и хром, которые могут накапливаться в организмах и вызывать различные заболевания.

– Шумовое загрязнение: Судовой шум может нарушать поведение и коммуникацию морских организмов, а также препятствовать их эхолокации и навигации.

– Утечка топлива: Утечки топлива могут привести к образованию пленки на поверхности воды, что затрудняет газообмен и снижает качество воды.

– Радиоактивное загрязнение: Некоторые суда могут перевозить радиоактивные материалы, что повышает риск радиоактивного загрязнения морской среды.

Различные типы судовых двигателей загрязняют атмосферу и гидросферу, а объемы загрязнения суши и воды статистически связаны. Сокращение загрязнения на континенте ведет к уменьшению загрязнений в реках, озерах и морях, однако ущерб, нанесенный воздуху и воде, может различаться. Вопрос оценки эколого–экономического воздействия пока не решен, а загрязнение Мирового океана снижает его производительность на 20–25%. Аналогично этому урожаю сельскохозяйственных земель на континенте сокращается на ту же величину [12].

#### 1.1.1 Физическое загрязнение (акустическое)

Физическое загрязнение судов включает в себя различные виды шумов и вибраций, которые могут негативно влиять на морскую флору и фауну, и сейчас с ростом и развитием различных технологий такое загрязнение только увеличилось в своих масштабах. Шумы, создаваемые судами, распространяются на достаточно значительное расстояние, могут мешать

общению и ориентации морских животных, а также вызывать стресс и даже гибель некоторых видов. Вибрации от работы судовых механизмов также могут нарушать структуру морского дна и приводить к потере среды обитания для многих видов.

Для снижения уровня физического загрязнения судов принимаются различные меры, такие как использование более тихих двигателей, уменьшение вибраций от судовых механизмов и проведение акустических исследований для лучшего понимания воздействия шумов на морскую среду. Кроме того, разрабатываются новые технологии, позволяющие уменьшить уровень шума и вибрации, которые создают суда.

Суда генерируют шум, который может негативно влиять на слух и поведение морских животных, а также на их способность общаться и находить пищу. Это может привести к снижению численности видов и нарушению их экосистем.

Основными источниками шума от морских судов являются двигатели, генераторы, насосы и системы вентиляции. Шумовое загрязнение может привести к тому, что морские животные будут избегать зон, где проходят суда, что, в свою очередь, может повлиять на их миграционные пути и распределение в океане.

Для снижения шумового загрязнения морских судов можно применять различные меры, включая улучшение звукоизоляции оборудования, использование более тихих двигателей и контроль скорости судов в зонах, где обитают морские животные. Также важно проводить исследования и мониторинг воздействия шума судов на морскую фауну, чтобы лучше понимать масштабы проблемы и разрабатывать эффективные стратегии по ее решению.

Шумовое загрязнение, создаваемое судами, способно негативно влиять на слуховые органы и поведение обитателей моря, а также препятствовать их общению и поиску пропитания. Вследствие этого может сократиться численность некоторых видов и нарушиться их экосистема.



Основные источники шума на судах – это их двигатели, генераторы, насосы и вентиляционные системы. Этот шум может вынудить морских обитателей избегать зон с судоходством, что может сказаться на их миграционных путях и распределении в океане.

К основным источникам шума относятся:

– главные и вспомогательные двигатели, дизель–генераторы,

Чтобы снизить уровень шумового воздействия на окружающую среду, можно использовать различные методы, включая улучшение шумоизоляции оборудования, применение более тихих двигательных установок и контроль скорости судов в местах обитания морских животных. Важно также проводить исследовательские работы и мониторинг влияния шума судов на морскую флору и фауну для более глубокого понимания проблемы и разработки действенных способов ее решения [38].

### 1.1.2 Химическое загрязнение воды и воздуха

Различные типы судовых двигателей загрязняют атмосферу и гидросферу, а объёмы загрязнения суши и воды статистически связаны. Загрязнение мирового океана сокращает его производительность на 20–25%, что приводит к сокращению урожая сельскохозяйственных земель на континенте на ту же величину.

Суда оказывают сильное влияние на окружающую атмосферу, как на морскую часть, так и на атмосферную. Но при этом они являются лучшим способом для перевозок грузов на дальние расстояния, с учетом того, что с каждым годом увеличивается потребление, а значит и объем грузов. Таким образом, можно сделать вывод, что загрязнение химическими веществами только увеличивается с каждым годом, но при этом все больше есть нормативно–правовых актов, которые предотвращают или предупреждают такое загрязнение и сводят ущерб к минимуму. Суда используются с механическими двигателями, а они в качестве смазочных материалов и топлива в своем составе используют продукты переработки нефти. Топливо и

смазочные масла используются по своему назначению в специальных установках судна, а в процессе эксплуатации, отделенные от них вредные примеси и остатки от утилизации должны оставаться в специальных местах. Все уходит в специальный отсек (бортовые льяла или сточные колодцы в двойном дне судна), за сутки может скопиться несколько сотен литров льяльных вод [35].

### 1.1.3 Биологическое загрязнение балластными водами

На протяжении достаточно большого количества времени затрагивались в большей мере загрязнения вызванные нефтесодержащими водами, но при этом множество научных исследований доказали, что и биологическое загрязнение не менее важно, а еще и вызывает больше последствий для экосистем. Если обратиться к содержанию международной конвенции МАРПОЛ 73/78, то там изложено, что балластные воды могут представлять собой опасность, в случае если содержится примеси нефти. Можно сделать вывод, что тогда еще на балластные воды не обращали достаточного внимания с экологической точки зрения.

Большие танкеры при своей эксплуатации используют огромное количество балластных вод. Обычно забор воды происходит в одном месте, но сброс в совершенно другом месте, по итогу такого перемещения в акватории появляются чужеродные микроорганизмы. Даже если судно перемещается несколько дней, то планктон может оставаться жизнеспособным.

Есть Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 г., и она была принята Международной морской организацией (ИМО).

По своей сути суда не были конструированы так, чтобы у них была предусмотрена система полной смены балласта в морской среде. Таким образом, нужно уделять большое внимание надежности судна и его балластной системе, и в том числе при проектировании новых судов уже учитывать момент полной замены системы.

Можно сформулировать некоторые важные решения, чтобы они могли повлиять на предотвращение биологического загрязнения в будущем:

– Продумать и сконструировать систему, благодаря которой будет возможна смена балласта с минимальными потерями и, чтобы на судне она могла быть опциональной и удобной;

– Сделать единый документ, стандарт, который будет действовать на суда, и доказывать биологическую эффективность в обработке балластных вод на международном уровне;

– Проводить новые исследования и разрабатывать установки с передовыми, безопасными и экологически чистым оборудованием [1].

## 1.2 Особенности возможного загрязнения при авариях транспортных судов

Авария транспортного судна может привести к различным видам загрязнения, включая:

1. Загрязнение нефтью и нефтепродуктами: Разлив нефти является одним из самых распространенных и опасных видов загрязнения, который может происходить при авариях судов. Нефть и нефтепродукты могут попадать в воду, загрязнять береговую линию и морские экосистемы, приводя к гибели животных и растений.

2. Загрязнение химическими веществами: Некоторые транспортные суда перевозят опасные химические вещества, которые могут вызвать серьезное загрязнение воды и воздуха при утечке или аварии.

3. Загрязнение твердыми отходами: Транспортные суда могут перевозить различные виды твердых отходов, таких как металлолом, пластик, стекло и другие материалы, которые могут загрязнить окружающую среду при попадании в воду или на берег.

4. Радиоактивное загрязнение: Некоторые суда перевозят радиоактивные материалы, что делает их особенно опасными при аварии. Радиоактивные материалы могут привести к загрязнению воды, воздуха и

почвы, а также к серьезным последствиям для здоровья людей и окружающей среды.

5. Биологическое загрязнение: Ряд транспортных судов перевозят живые организмы, такие как растения, животные или микроорганизмы, которые при аварии могут попасть в окружающую среду и вызвать биологическое загрязнение [13].

### 1.3 Нормативно–правовая база для обеспечения предотвращения загрязнения морских экосистем с судов

Морское право необходимо для тех вопросов, которые будут регулировать загрязнение окружающей среды с судов. В мировой истории уже прошло около 100 лет с момента принятия первых шагов по контролю к предотвращению загрязнений, вызванных судоходством. Это произошло в 1926 г. на конференции в Вашингтоне, где были представители тринадцати стран. Они собрались обсуждать то, какие меры можно применить к предотвращению нефтяных загрязнений с судов, но при этом к заключению единого договора между странами это не привело. Однако такое заседание дало толчок для дальнейших мировых обсуждений по нормативно–правовому регулированию, на конференции было принято решение о запрете сброса нефтяной смеси, если она превышала предельную концентрацию в пределах прибрежных зон. Для того, чтобы балластные воды просто не были сброшены, они решили, что на судах должны присутствовать сепараторы.

Далее вопрос о мировом соглашении вновь поднялся в ООН после 50–х годов, где множество государств были озабочены тем, что необходимо принять меры по предотвращению загрязнений на международном уровне. Таким образом, в 1954 г. была принята Международная конвенция по предотвращению загрязнений морских экосистем нефтью, такое соглашение по итогу вступило в свои права 26 июля 1958 г.

Для того, чтобы учесть еще больше аспектов борьбы с загрязнением была создана такая конвенция как МАРПОЛ–73, а толчком для ее создания стала

масштабная авария «Торри Каньон» в 1967 году. У судна были масштабные повреждения из-за рифов и штормовой погоды. Все это привело к большому разливу нефти и к экологической катастрофе [18].

### 1.3.1 Основные положения Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78.

До Конвенции МАРПОЛ 73/78 была Конвенция OILPOL-54 (Конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью), но после появления различных супертанкеров в семидесятых годах, было понятно, что Конвенция 54 года уже не так актуальна, как была раньше и требует пересмотра и более прогрессивных решений, и жестких мер в области морского права.

Конвенция МАРПОЛ была принята Международной морской организацией (ИМО) в 1973 году, а в 1978 году вступил в силу Протокол дополняющий Конвенцию.

МАРПОЛ 73/78 по своей сути состоит из самой Конвенции и Протоколов к ней, где изложены общие положения об обязательствах государств-участников по предотвращению загрязнений с судов, и шести Приложений, в которых написаны правила, и учтены конкретные загрязняющие вещества: нефть, вредные химические вещества, перевозимые наливом, вещества, перевозимые в упакованной форме, сточные воды, мусор и загрязнение воздушной среды судами (Рисунок 1.3.1)



Рисунок 1.3.1 – загрязняющие вещества в Конвенции МАРПОЛ 73/78 [11]

Также в нее входят уточняющие обязательства государств, под флагом которых плавают суда, и государств, в водах которых осуществляется международное судоходство, общие определения таких понятий как судно, вредное вещество, сброс и другие, дополняемые в каждом из Приложений. Судами в данном Конвенцией определении являются все суда, включая суда на воздушной подушке и на подводных крыльях, подводные суда, стационарные и плавучие платформы. Из сферы действия Конвенции исключаются военные корабли и государственные некоммерческие суда, однако участники должны обеспечить, чтобы они по возможности также действовали в соответствии с Конвенцией.

Конвенция предусматривает, что любое нарушение ее положений, включая Приложения, запрещается независимо от места его совершения, и за такое нарушение в законодательстве каждого государства-участника

Конвенции, под флагом которого плавает судно, должны устанавливаться санкции (наказания).

Кроме того, запрещается любое нарушение положений Конвенции в пределах юрисдикции любого государства–участника Конвенции, и предусматриваются санкции (наказания) за такое нарушение, устанавливаемые законодательством этого государства. В случае нарушений в пределах его юрисдикции государство–участник либо само должно возбудить преследование в соответствии со своим законодательством, либо уведомить о совершении такого нарушения, с представлением фактов, государство флага судна, которое в свою очередь обязано уведомить о принятых мерах направившего ему первоначальную информацию участника Конвенции. Санкции, в соответствии с Конвенцией, должны быть достаточно строгими, чтобы пресекать нарушения.

В ст. 5 Конвенции устанавливается обязательство взаимного признания государствами–участниками выдаваемых судам Свидетельств, а также предусматриваются положения об инспектировании судов на предмет наличия Свидетельства на борту судна и задержании судов в случае их явного несоответствия Свидетельству или при отсутствии последнего.

Конвенция предусматривает сотрудничество государств–участников Конвенции в выявлении нарушений Конвенции и порядок такого сотрудничества, включая инспектирование судов, подозреваемых в совершении нарушений (сбросов), информирование друг друга об инцидентах (ст. 7), а также информирование Международной морской организации принятых законах и правилах, инцидентах, приемных сооружениях в портах, наложенных на нарушителей санкциях, авариях, загрязнивших окружающую среду и т. д. (ст. 11–12 Конвенции) [31].

Основу всей Конвенции составляют шесть Приложений:

Приложение 1 – Правила предотвращения загрязнения нефтью.

Приложение 2 – Правила предотвращения загрязнения вредными жидкими веществами, перевозимыми наливом.

Приложение 3 – Правила предотвращения загрязнения вредными веществами, перевозимыми морем в упакованном виде.

Приложение 4 – Правила предотвращения загрязнения сточными водами с судов.

Приложение 5 – Правила предотвращения загрязнения мусором с судов.

Приложение 6 – Правила предотвращения загрязнения атмосферы с судов.

Рисунок 1.3.1 – Приложения Конвенции МАРПОЛ 73/78 [11]

Основные положения Международного кодекса по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) включают в себя следующие пункты:

1. Предотвращение загрязнения окружающей среды вредными веществами, включая нефть, химические вещества, твердые отходы, сточные воды и мусор.
2. Установка стандартов по конструкции и эксплуатации судов для обеспечения их соответствия требованиям Кодекса.
3. Разработка и применение процедур по контролю и снижению выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.
4. Создание системы сертификации и контроля за соблюдением требований Кодекса со стороны государств–участников.
5. Обеспечение доступа к информации о состоянии окружающей среды и мерах по ее защите, а также о мерах по предотвращению и ликвидации последствий загрязнения [11].



### 1.3.2 Основные положения Международной конвенции по контролю судовых балластных вод и осадков и управлению ими 2004 г.

Конвенция BWM–2004 содержит информацию, как оборудовать все суда, осуществляющие международные рейсы и имеющие балластные танки, специальными системами обработки судовых балластных вод включая период с 2009 по 2019 год. Эти системы должны обеспечивать минимальную концентрацию жизнеспособных организмов и удалять осадки. Она была принята 13 февраля 2004 года, но вот в России вступила в силу только 8 сентября 2017 года. Состоит из 22 статей, 2 приложений и добавлений. В документе активно поощряется различные исследования, постоянный мониторинг в области применения и использования балластных вод. Судно, к которому может применяться Конвенция в любой момент может быть подвергнуто проверке специальными должностными лицами.

В Конвенции содержится следующая информация:

В разделе А содержатся общие положения, где описаны основные определения, общее применение, исключения к Конвенции, условия при которых может произойти изъятие, а также о эквивалентном соответствии.

Раздел В повествует о требованиях для судов, предъявляемых к управлению и контролю. В разделе описывается то, что должно быть в плане по управлению балластными водами:

- подробное изложение процедуры безопасности для судна и экипажа;
- подробное описание действий, что должны предприниматься к требованиям по управлению балластными водами;
- подробное изложение процедуры удаления осадков как в море, так и на берег;
- содержание процедур по координации управления балластными водами;
- назначение ответственного лица на судне по выполнению плана;

– план составляется на рабочем языке судна, но если это не английский, французский или испанский, то должен быть включен перевод на один из языков.

Также на судне должен иметься Журнал операций с балластными водами:

– в соответствии с правилами Конвенции А–3, А–4 или В–3.6 при случае сброса балластных вод или если они сброшены аварийно и не попадают под изъятия, то вносятся данные в журнал, где описываются обстоятельства и причины сброса.

– Все операции, что касаются балластные воды строго регистрируются в Журнале, при этом документ должен быть всегда в общедоступном месте для проверки.

Правило В–3 по управлению судовыми балластными водами:

Суда с объемом балластных вод от 1500 до 5000 кубометров должны обеспечивать управление балластными водами в соответствии с правилами D–1 или D–2 до 2004 года, а затем в соответствии с D–2 или выше.

Суда с объемом балластных вод менее 1500 и более 5000 должны обеспечивать управление в соответствии с D–1 или D–2 до 2006 года, после чего соответствует стандарту D–2.

Что касается судов, построенных в 2009 году или позднее, с объемом балластных вод менее 5000 кубометров или превышают, то они отвечают стандарту D–2. То же самое правило действует и на суда, построенные в 2012 году и позже.

Требования этого правила не применяются к тем судам, которые сбрасываются в специальные приемные сооружения, специально сделанные с учетом Руководства по таким сооружениям.

В правиле В–4 описаны правила по замене балластных вод, В–5 описывает управление судовыми осадками, а В–6 об обязанностях лиц командного состава и экипажа.

В разделе С – это специальные требования в определенных районах, дополнительные меры, предупреждение о приеме балластных вод, направление необходимой информации.

Правила D:

– Суда что производят замену должны проводить ее с эффективностью. Не менее 95 процентов по объему;

– Стандартом качества является сброс менее 10 жизнеспособных организмов на кубический метр, миллилитр, где минимальный размер равен 50 микрометрам и при этом не превышает установленные концентрации индикаторных микробов.

– Производится обзор стандартов Организацией, чтобы выделить имеются ли нужные технологии, чтобы достичь стандарта, оценить критерии и социально–экономические последствия, для этого определяется комитет, что назначает состав группы для проведения обзора.

В разделе E содержится подробная информация о требованиях к освидетельствованию и выдаче свидетельств по отношению управления балластными водами [19].

### 1.3.3 Основные положения Международного полярного кодекса

В Арктической области расположено более 20% территории Российской Федерации, то есть эта территория является одним из приоритетных аспектов для развития государства. За полярным кругом обширная прибрежная зона и она дает множество путей для различных решений и потенциальных возможностей использования имеющегося ресурса. Для плана устойчивого развития Арктики необходимо быстрое освоение транспортной системы. Кодекс был разработан для того, чтобы обеспечить надежное транспортное сообщение, а также для экспорта нефти и газа. Северный морской путь имеет большое значение для страны и всей ее инфраструктуры [20].

Международный полярный кодекс начал разрабатываться в 1990–х годах и вступил в силу с 1 января 2017 года. Это набор правил и рекомендаций,

направленных на обеспечение безопасности мореплавания и защиты окружающей среды в полярных регионах, там объясняется необходимость того, чтобы соблюдали безопасное судоходство и уменьшение воздействия на людей с учетом специфики зоны. Полярный кодекс представляет собой документ, что распространяет свое действие на суда, что эксплуатируются в Арктических и Антарктических водах. Сам кодекс разделен на две части, и соответственно эти части поделены на пару частей, и еще в состав входит введение с обязательными положениями применимые к документу [33].

В соответствии с первой частью Полярного кодекса уже при конструировании и строительстве судна, что будет использоваться в полярных водах надо учитывать температурный режим и применять соответствующие для специфики региона материалы. У судна должна быть руководство по эксплуатации в полярных водах и Сертификат на полярное плавание. В первой части также указаны требования к оснащению, в том числе мостовое оборудование, оборудование против льда, спасательное и низкотемпературное оборудование для чрезвычайных ситуаций в условиях низкой температуры.

Во второй же части идет речь о защите окружающей среды при транспортировке грузов, меры для предупреждения загрязнений. Введены правила запрета сброса нефти, масляных смесей с судна и установлены критерии по вместимости баков и то, на каком расстоянии должен быть топливный бак от обшивки корабля для безопасной эксплуатации. Запрет на сброс любых опасных жидких веществ является одним из главных требований к экологической безопасности, у судна судна должны быть журналы отражающие меры по предотвращению загрязнения вредными веществами, а также планы по борьбе при аварийных ситуациях.

Основные положения кодекса включают следующие аспекты:

1. Безопасность мореплавания: Кодекс устанавливает стандарты для проектирования, строительства, эксплуатации и технического обслуживания судов, предназначенных для использования в полярных условиях. Эти

стандарты направлены на предотвращение аварий и обеспечение безопасности экипажа и пассажиров.

2. Защита окружающей среды: Кодекс направлен на минимизацию воздействия человеческой деятельности, на окружающую среду полярных регионов, особенно в отношении загрязнения морской среды, шума, отходов и биологического разнообразия.

3. Обучение персонала: Кодекс требует, чтобы экипажи судов, работающих в полярных водах, имели соответствующую подготовку и навыки для работы в сложных условиях.

4. Предотвращение столкновений и помощь судам: Кодекс включает правила для предотвращения столкновений судов в условиях ограниченной видимости и необходимости оказания помощи судам, терпящим бедствие.

5. Связь и навигация: Кодекс предусматривает стандарты для радиосвязи, навигационных систем и метеорологического обеспечения в полярных районах [5].

#### 1.3.4 Кодекс по уровням шума на суда

Международный Кодекс по уровню шума на судах был принят Международной морской организацией (ИМО). В Российской Федерации кодекс вступил в силу 1 июля 2014 года. Он устанавливает стандарты по уровню шума для судов различных типов и размеров, признает необходимость для установки пределов шума помещений на судне. Этот кодекс помогает снизить уровень шума, создаваемого судами, и защитить окружающую среду, персонал от негативного воздействия шума.

Международный Кодекс по уровню шума на судах содержит 7 глав, преамбулу и 4 добавления. Согласно Конвенции СОЛАС Кодекс имеет обязательную силу, однако некоторые пункты и разделы имеют рекомендательный или информативный характер.

Некоторые положения Кодекса:

– Применяется к судам валовой вместимостью 1600 и более;

– Охватываются такие источники шума, что относятся к судну, механизмы, двигательная установка, но в шум не входят такие шумы от ветра, льда, волн, системы громкой связи и аварийная сигнализация;

– Для целей Кодекса в тексте приведены основные определения и формулы, также необходимое измерительное оборудование и его технические характеристики;

– В третьей главе изложены действия, после завершения постройки судна, то есть надо произвести измерения уровня шума во всех помещениях, в эксплуатационных условиях и в конце зарегистрировать результаты измерений. Согласно Кодексу измерения шума, должны проводиться при не менее 80% параметров максимального постоянного режима работы при обычной эксплуатационной скорости, указаны точки измерений. Также в период измерений должны работать и все механизмы, радиостанции, радиолокационные станции. Для определения шума механизмов измерения должны проводиться на расстоянии 1 метра. Для защиты моряков при аварийных ситуациях еще производятся замеры при работающем аварийном оборудовании;

– В Кодексе указаны предельные значения уровня шума дБ (Рисунок 1.3.4):

Назначение помещений	Размер судна	
	Валовая вместимость от 1,600 до 10,000	ВВ $\geq$ 10,000
<b>4.2.1 Рабочие помещения (см. 5.1)</b>		
Помещения для механических установок*	110	110
Посты управления механическими установками	75	75
Мастерские иные, чем составляющие часть помещений для механических установок	85	85
Не указанные рабочие помещения** (иные рабочие зоны)	85	85
<b>4.2.2 Навигационные помещения</b>		
Ходовой мостик и штурманские рубки	65	65
Посты наблюдения, включая крылья ходового мостика*** и окна	70	70
Радиорубки (с работающим радиооборудованием, которое, однако, не производит звуковых сигналов)	60	60
Помещения РПС	65	65
<b>4.2.3 Жилые помещения</b>		
Каюты и санчасть****	60	55
Кают-компании	65	60
Помещения для отдыха	65	60
Открытые (внешние) зоны отдыха	75	75
Помещения для депопроизводства	65	60
<b>4.2.4. Службные помещения</b>		
Камбузы, без работающего оборудования обработки пищи	75	75
Раздаточные помещения и кладовые	75	75
<b>4.2.5 Обычно незанятые помещения</b>		
Помещения, указанные в <a href="#">разделе 3.14</a>	90	90

Рисунок 1.3.4 – Предельные значения уровня шума дБ [7]

– Предельный уровень шума для моряков это 80 дБ, если уровень шума превышает допустимый предел, то далее используются средства для защиты слуха;

– Даны рекомендации по звукоизоляции между жилыми помещениями, чтобы снизить уровень слышимости в жилых помещениях от воздушного шума переборок [7].

#### 1.4 Особенности предотвращения загрязнений морских экосистем в полярных зонах

Северный Ледовитый океан получает гораздо меньше солнечной энергии, он покрыт весь льдом, исключения составляют лишь районы Норвегии и Мурманской области, так как присутствует теплое течение. Поверхностные воды океана сильно опреснены, все это связано с большим объемом стока северных рек. Свободными ото льда становятся прибрежные территории Канады, Аляски и России в летний период. Центральная часть океана покрыта льдом круглый год.

Для Арктических регионов России, и для страны в целом, Северный морской путь (СМП) является социально–экономической артерией с интенсивным развитием морских грузоперевозок. Благодаря этому арктическому коридору время перевозки грузов из восточной Азии в западную Европу сокращается на треть по сравнению с южным маршрутом через Суэцкий канал. Преимущество Российской Федерации в использовании СМП (Рисунок 1.4.1) заключается в возможности организации ледокольной проводки судов, так как Россия является единственной державой, владеющей атомным ледокольным флотом. При увеличении грузооборота по СМП неизбежно возникают проблемы загрязнения окружающей среды. Приоритетными условиями развития СМП должны быть как обеспечение безопасности мореплавания, так и предотвращение экстремального загрязнения арктических акваторий [3].





Рисунок 1.4.1 – Северный морской путь [3]

С каждым годом всё больше растет интерес к минерально–сырьевой базе Арктики, использованию транзитного потенциала. Для России развитие Арктической зоны является одной из самых перспективных и сейчас идет активное освоение. Однако Арктика один из наиболее уязвимых регионов мира перед лицом глобального изменения климата, а также имеет чувствительные арктические экосистемы. Экстремальные температуры, низкий уровень освещенности, короткое лето, вечная мерзлота, снежная зима всё это не помеха для Арктических экосистем, к этому они идеально приспособлены, но вот к изменения природных условий и антропогенное воздействие может негативно на них повлиять [4].

Наличие ледяного покрова затрудняет сбор нефти и нефтепродуктов вследствие произошедших аварийных ситуаций. Основную проблему создают такие разливы, что находятся далеко от аварийно–спасательных центров, в условиях сплоченных и сплошных льдов разливы подо льдом и на поверхности

ледяного покрова. поэтому при обеспечении безопасного судоходства стоит учитывать сложность локализации и ликвидации разливов. Самым эффективным способом является сбор нефти и нефтепродуктов с помощью ледоколов и скиммеров, использование огнестойких боковых ограждений, механический метод ликвидации и метод выжигания не будут эффективны в экстремальных условиях Арктики. На Таблице 1.4.1 показаны в процентах причины и последствия аварийных ситуаций. Это сравнительный анализ 650 аварийных ситуаций с судами за период с 1998 по 2012 год [14].

Таблица 1.4.1 Причины и последствия (% от общего числа) аварийных случаев с судами в ледовых условиях [14]

Причины	Последствия, %			
	Гибель судов	Повреждение корпуса	Повреждения движительно–рулевого комплекса	Посадки на мель
Невыполнение требований классификационных обществ	1,5	64,6	0,75	0,75
Несоблюдение безопасных скоростей и дистанций	0,3	21,5	–	–
Ошибки маневрирования	–	16,9	0,3	–
Ледовые сжатия и подвижки	1,5	66,2	0,9	0,75
Недостаточное ледокольное сопровождения (его отсутствие)	1,5	55,4	0,9	0,75
Всего	2,1	97,6	2,0	0,75

Нефтяная пленка на водной поверхности препятствует попаданию света, процессам теплообмена и газообмена между океаном и атмосферой,

фотоокислению органических веществ. Нефть и её производные оказывают токсическое воздействие на живые организмы, отрицательно влияют на физиологические процессы. Степень ущерба от токсического воздействия определяется составом самой нефти и её производных, структурой и степенью уязвимости экосистемы, влиянием таких внешних экологических факторов, как температура и интенсивность солнечной радиации [17].

С развитием грузооборота и судоходства по СМП неизбежно возрастут объёмы сбросов сточных вод, мусора, пищевых отходов, а также нефтесодержащих смесей. Даже при действующих запретах на сброс отходов в арктические воды с увеличением судоходства возрастёт риск загрязнения в результате аварийных случаев или халатности экипажей. Именно поэтому следует оборудовать арктические порты приёмными сооружениями для переработки сточных вод, отходов и нефтесодержащих жидкостей, а также увеличить мощности уже существующих.

Естественно, что во время рейса на судне образуются отходы, которые могут загрязнять гидросферу, а в результате их сжигания – атмосферу. Судовые отходы подразделяются на образующиеся в результате удовлетворения бытовых и хозяйственных потребностей экипажа и пассажиров, отходы от главных и вспомогательных механизмов, а также судовых систем, и на отходы грузов.

Обязательным элементом развития не только СМП, но и всей Арктической зоны Российской Федерации должен стать системный мониторинг экологического состояния окраинных арктических морей и влияния на него навигации по СМП. Этот мониторинг должен также включать отслеживание влияния климатических изменений на экосистемы арктических акваторий и территорий, мониторинг геоэкологических параметров природных систем и их биологического разнообразия, антропогенных воздействий.

Развитие комплексной системы экологического мониторинга потребует значительного финансирования из-за сложной логистической доступности и суровых условий климата. Для этого понадобится использование лучших

доступных технологий, привлечение значительного числа специализированных кадров и международных компаний, заинтересованных как в использовании СМП, так и в сохранении естественных арктических экосистем []. Мероприятия по созданию сети мониторинга состояния окружающей среды потребуют также тщательной координации и глубокой проработки планов реконструкции сети станций Росгидромета для максимальной репрезентативности результатов.

Загрязнение морских экосистем в Арктике имеет свои особенности из-за специфических условий этого региона. Вот некоторые из них:

1. Уязвимость экосистемы: Арктическая экосистема является особо уязвимой из-за низких температур, короткого сезона роста и медленного обмена веществ. Это означает, что даже небольшое загрязнение может иметь серьезное воздействие на животный и растительный мир.

2. Сложности в очистке: Природные условия Арктики, такие как ледяные покровы и холодные температуры, делают очистку загрязнений трудной задачей. Ледяные поля затрудняют доступ к загрязненным зонам, а холодные температуры замедляют процессы биоразложения загрязняющих веществ.

3. Накопление загрязнений: В Арктике происходит процесс накопления загрязняющих веществ в морских организмах и снегах. Это связано с тем, что некоторые токсичные вещества, особенно тяжелые металлы и органические соединения, могут оседать на поверхности льда и снега, а затем постепенно переходить в воду и оказывать воздействие на живые организмы.

4. Отсутствие инфраструктуры и доступа: Арктический регион характеризуется невысокой населенностью и отсутствием развитой инфраструктуры. Это затрудняет проведение надлежащего мониторинга и контроля за загрязнениями, а также ограничивает доступ к возможным местам аварий и разливов.

В первой главе кратко рассмотрены такие виды загрязнений с судов как: акустическое, биологическое и химическое. Показана нормативно-правовая база по регулированию безопасного судоходства и особенности аварийных ситуаций в Арктическом регионе.

## 2 Технологии и оборудование для предотвращения акустического загрязнения морских экосистем с судов

Развитие инструментальных методов и дистанционного акустического зондирования водной среды, наряду с компьютерными технологиями обработки гидроакустической информации, позволило по-новому взглянуть на двигательное поведение водных организмов и их реакцию на внешние раздражители. Эти выводы ранее были неопределенными из-за отсутствия такой информации, которая не была учтена при организации исследовательских работ. Сейчас проводится множество экспериментов, и они показывают, что шум, создаваемый судном, проводящим тралово-акустическую съемку, может сильно влиять на поведение рыбы, следовательно, влияя на оценки численности запасов с помощью методов траления и эхо-интеграции.

Воздействие проявляется в реакции избегания, которая относится к стремлению рыбы удалиться от шума, издаваемого судном, чтобы свести к минимуму негативное воздействие. Это коллективное поведение наблюдается, когда рыба совершает как горизонтальные, так и вертикальные перемещения. Следовательно, эти перемещения изменяют первоначальное пространственное распределение и плотность скопления рыбы вдоль пути судна. Кроме того, наклон рыбы во время погружения приводит к снижению отражательной способности (силы обратного рассеяния) скопления, что приводит к заниженным оценкам интеграции эхо-сигналов [6].

Поэтому важно использовать суда с низким уровнем гидроакустического шума для съемок и оценки запасов рыбы. Основываясь на экспериментальных исследованиях, ИКЕС (Международный совет по исследованию моря — ИКЕС) разработала рекомендации, в которых говорится, что уровень шума рыболовческих научно-исследовательских судов не должен превышать порога восприятия рыбой на расстоянии 20 м для частот ниже 10 кГц (Mitson, 1995).

В соответствии с этими рекомендациями по шуму сейчас строится множество как научно-исследовательских, так и других судов нового

поколения с такими функциями, как электрическая тяга и фиксированный шаг гребного винта для снижения шума, чтобы минимизировать ущерб для экосистем. Эти инновации направлены на минимизацию воздействия на поведение рыб и сохранение первоначального распределения и плотности скопления рыбы по пути следования судна. Для этого вводятся новые нормативно–правовые акты и рекомендации для построек и конструирования новых плавучих средств передвижения.

Однако сейчас как в России, так и по миру все суда проходят освидетельствование для плавания по замеру уровня гидроакустического шума. Важно регулярно отслеживать характеристики шума, издаваемого судами, и рассматривать его как один из важнейших критериев оценки пригодности к безопасной эксплуатации. Если суда не прошли техническое освидетельствование, то к ним может быть применено административное наказание.

Шум, создаваемый судовыми двигателями и редукторами, передается через фундаменты и элементы механизмов, соединенных с корпусом судна, распространяясь в воде на значительные расстояния. Колебания корпуса судна нельзя рассматривать как колебания отдельного корпуса, поскольку его отдельные части генерируют различные дискретные компоненты от близлежащих отдельных источников на разных частотах и амплитудах. Эти компоненты можно рассматривать как системы с распределенными параметрами, что приводит к широкополосному спектру.

Методология акустического проектирования судов основана на поиске и выборе наиболее эффективных технических решений, отвечающих требуемым акустическим характеристикам. Как правило, метод последовательных приближений используется в сочетании с методом вариаций для решения основных задач проектирования судна. Поскольку общесудовые и акустические характеристики взаимозависимы, при поиске и выборе рациональных акустических решений важно учитывать общие ограничения, такие как водоизмещение, мощность главной энергетической установки и

прогнозируемая скорость судна. Кроме того, необходимо найти компромиссные решения, особенно на начальных этапах проектирования, которые позволяют интегрировать как общесудовые, так и акустические характеристики. К этим характеристикам часто предъявляются противоречивые требования. Например, увеличение скорости судна обычно приводит к повышению уровня вибрации и шума. Для повышения эффективности мер по снижению вибрации и шума, применяемых на судах, обычно необходимо увеличить их массо–габаритные характеристики [34].

Таким образом, в процессе акустического проектирования судна важно рассмотреть следующие применяемые технологии для снижения акустического воздействия:

1. Поиск эффективных технических решений, которые отвечают желаемым акустическим характеристикам, оставаясь при этом в рамках ограничений, установленных общим проектом судна.

2. Анализ проектных материалов и информации об основных технических решениях, использованных в прототипе судна для достижения желаемых акустических характеристик.

3. Выбор рациональных компромиссных вариантов технических решений, которые позволяют интегрировать общекорабельные требования и требования к акустике.

4. Проведение расчетов прогнозирования акустических параметров судна на основе следующих методических источников:

- Физико–математические модели формирования акустических свойств;
- Методики расчета акустических характеристик;
- Аналитико–расчетные методы оценки акустических свойств;
- Результаты экспериментальных исследований акустических параметров.

5. Анализ необходимости внесения изменений в проект судна.

6. Оценка адекватности принятых решений для достижения установленных целей акустического дизайна судна.

Внедрение этих перечисленных методов и мероприятий, которые являются основными элементами методологии акустического проектирования судов, обеспечивает достижение установленных целей (требований заказчика) при достижении заданных акустических характеристик.

Наиболее эффективные средства для изоляции звуковой вибрации конструкций – звукоизолирующие амортизаторы, гибкие муфты и патрубки, упругие вставки и прокладки из материала с малым акустическим сопротивлением. В отдельных случаях для изоляции колебаний изгиба в сравнительно тонких пластинах на частотах более 200–400 Гц могут быть использованы виброзадерживающие массы.

Поглощение звуковой вибрации в широком диапазоне частот достигается с помощью специальных вибропоглощающих покрытий, наносимых на фундаментные и корпусные конструкции. Подобные покрытия находят все большее распространение на автомобилях, самолетах и судах [48].

Для поглощения интенсивной низкочастотной вибрации находят применение виброгасители, или антивибраторы, они устанавливаются на отдельных механизмах, подшипниках валопровода, палубах. Антивибрационные системы, состоящие из массы и упругости, в принципе могут быть предложены также для поглощения и изоляции колебаний изгиба пластин на звуковых частотах (поглотители структурного звука).

Перечень требуемых средств звукозащиты определяется каждый раз при проектировании судна. Надлежащий акустический эффект достигается, как правило, лишь при одновременном осуществлении ряда мероприятий по обесшумливанию. Значительная часть местных звукозащитных устройств может быть установлена на плавающих судах в период их ремонта или модернизации.

Средства звукопоглощения должны снизить уровень шума в помещении, где находятся источники шума. Для этого помещение изнутри изолируют пористыми и волокнистыми материалами, обладающими высокими звукопоглощающими способностями [15].



Шумозащитные конструкции обладают одновременно звукоизолирующими свойствами. Шумозащитные средства могут быть общими, местными или индивидуальными. В газотурбинных установках широко применяют местные шумозащитные средства, такие как шумозащитные кожухи на двигателях и редукторах (Рисунок 2.1), глушители шума в воздухоприемных и газоотводных каналах и т. д.

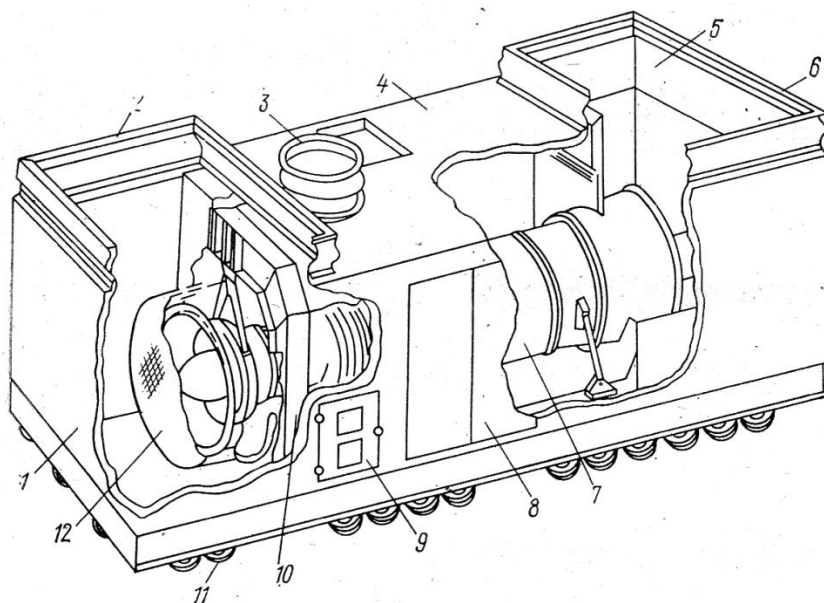


Рисунок 2.1 – Модуль газотурбинного двигателя типа LM2500 [12]

1 – воздухоприемная камера; 2 – гибкое соединение воздухоприемной камеры с шахтой приема воздуха; 3 – патрубок подвода воздуха для охлаждения корпуса газотурбинного двигателя (ГТД); 4 – кожух двигателя; 5 – газовыпускная камера; 6 – гибкое соединение кожуха двигателя с газоотводной шахтой; 7 – ГТД; 8 – панель кожуха двигателя (съемная); 9 – дверь входная для доступа к ГТД; 10 – крепление ГТД; 11 – амортизаторы; 12 – защитная сетка воздухоприемника ГТД.

Воздухоотводящие каналы газотурбинных двигателей облицовываются с внутренней стороны шумопоглощающей изоляцией, состоящей из пористого листового материала, который закрывают перфорированными листами. Такая конструкция представляет собой глушитель активного типа с параллельным включением активного сопротивления. Сечение канала для прохождения газа при такой схеме постановки глушителя остается неизменным.

В некоторых газотурбинных установках зарубежной постройки активные сопротивления (звукопоглощающие плиты) для глушения струи воздуха или газа устанавливаются с шагом 20–30 мм по всему сечению канала. Эти глушители представляют собой пластины из звукопоглощающего материала, облицованного перфорированными металлическими листами [21].

Моделирование, вычислительные и расчетно–аналитические методы, в последние годы стали высокоэффективными и быстро развивающимися практическими инструментами акустического проектирования благодаря возможностям современных компьютерных технологий. Новейшие технологии позволяют осуществлять виртуальное моделирование проектируемого судна и его компонентов, позволяя точно настраивать его характеристики, включая виброакустические свойства. Это также позволяет моделировать как существующие прототипы, так и совершенно новые технические подходы, используемые при конструировании судна и его компонентов. Одним из существенных преимуществ виртуального моделирования является возможность оценить ожидаемую акустическую эффективность новых технических решений на этапе проектирования.

Другой важный аспект акустического проектирования предполагает использование результатов экспериментальных исследований, проведенных с использованием полномасштабных физических (акустических) моделей планируемого судна или его основных компонентов. Акустические модели различных размеров позволяют оценить прогнозируемую (практически достижимую) эффективность новых технических решений и технологий, а также исключают случаи неточных результатов в расчетных оценках [16].

### 3 Технологии и оборудование для предотвращения химического загрязнения морских экосистем с судов

Технологии и оборудование, используемые для предотвращения химического загрязнения морских экосистем с судов, включают в себя:

1. Системы очистки балластных вод: которые используются для удаления вредных микроорганизмов и химических веществ из балластных вод судна перед их сбросом в море.

2. Системы контроля выбросов: они предназначены для снижения выбросов вредных веществ, таких как оксиды серы и азота, в атмосферу.

3. Системы предотвращения разливов нефти: разработаны для минимизации ущерба от возможных разливов нефти и нефтепродуктов.

4. Оборудование по мониторингу состояния окружающей среды: используется для контроля за уровнем загрязнения окружающей среды вокруг судна.

5. Обучение экипажа и проведение учений: направлены на повышение осведомленности экипажа о потенциальных угрозах для окружающей среды и обучение действиям в случае возникновения аварийных ситуаций [36].

#### 3.1 Системы очистки и обезвреживания сточных вод на борту судна

Системы очистки и обезвреживания сточных вод на борту судна предназначены для удаления загрязнений из сточных вод, образующихся в результате жизнедеятельности экипажа и пассажиров, а также из загрязненных вод, возникающих при мойке и уборке судна. Эти системы включают в себя различные фильтры, отстойники, химические реагенты и другие компоненты, которые позволяют удалять из воды органические вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы и другие виды загрязнений. В зависимости от типа судна и его назначения, системы очистки сточных вод могут иметь различные конструкции и производительность, но при этом все они должны

соответствовать требованиям международных стандартов и правил по охране окружающей среды.

Группа сточных систем предназначена для сбора и удаления с судна сточных, хозяйственно–бытовых вод, а также воде, попавшей на открытые палубы при волнении на море, от атмосферных осадков и т. п.

К такой группе сточных систем относятся:

– Сточная система, предназначенная для сбора, очистки и отвода сточных вод из туалетов, медицинских учреждений и зон для перевозки животных на судне.

– Система бытового водоснабжения, предназначенная для сбора и удаления бытовой воды из судовых туалетов, ванн, прачечных, камбузов и аналогичных помещений.

– Шпигаты открытой палубы, которые перенаправляют воду с этих палуб за борт, включая воду от морских волн, атмосферных осадков, при тушении пожаров, мойке палубы и других подобных процессах.

По своей конструкции сточные системы можно классифицировать следующим образом:

– Системы сбора сточных вод, которые предназначены для сбора и хранения сточных вод в сборных резервуарах для последующей передачи на берег или в плавучий коллектор.

– Бортовые системы очистки сточных вод, предназначенные для сбора и очистки сточных вод в специализированных установках с последующим сбросом очищенных сточных вод за борт, а также сбора ила для последующей утилизации или переноса на берег.

– Системы рециркуляции промывочной жидкости, предназначенные для сбора, обработки и повторного использования промывочной жидкости.

Одним из типов систем сбора сточных вод является вакуумная система, которая перемещает сточные воды путем создания вакуума в системе (0,5 атм). Этот метод транспортировки сточных вод значительно сокращает объем промывочной жидкости. Также используются комбинированные системы.

Например, некоторые суда включают в свои системы канализации как очистные сооружения, так и резервуар для сбора сточных вод. Системы очистки сточных вод, в зависимости от их конструкции, включают резервуары для сбора и хранения сточных вод, насосы и эжекторы, трубопроводы, контрольно–измерительные приборы. Кроме того, в этих системах используются очистные сооружения для сточных вод и резервуары для сбора осадка.

Сточные воды, бытовая вода и отходы образуются в процессе эксплуатации судов в результате деятельности человека и представляют собой значительные источники загрязнения окружающей среды с судов.

Сточные воды включают стоки из всех типов туалетов, писсуаров и унитазов, а также стоки из медицинских учреждений амбулатории, лазаретов и т.д.), помещений, используемых для перевозки животных, и другие сточные воды, если они смешаны с вышеупомянутыми сточными водами.

Бытовая вода включает в себя стоки из камбузов, кладовых, бань, душевых кабин, прачечных, умывальников и аналогичных сооружений. Считается, что эти воды представляют меньший эпидемиологический риск по сравнению со сточными водами.

Мусор относится ко всем видам пищевых, бытовых и эксплуатационных отходов, образующихся при регулярной эксплуатации судна (в твердом виде) и требующих утилизации.

Эффективность очистки сточных вод оценивается с использованием следующих показателей:

- Болезнетворность
- Биохимическая потребность в кислороде
- Содержание взвешенных веществ
- Остаточное содержание свободного хлора

Болезнетворность — это показатель, который выявляет присутствие патогенных микроорганизмов и бактерий в сточных водах. Он определяется количеством бактерий кишечной палочки (индекс кишечной палочки) в данном

объеме воды. Бактерии кишечной палочки – это общий термин, охватывающий различные штаммы бактерий, обычно фекального происхождения. Хотя большинство из этих штаммов безвредны для человека, они могут указывать на присутствие вредных патогенов, а количество патогенных бактерий демонстрирует определенную корреляцию с общим количеством кишечной палочки. Кишечный индекс измеряется с помощью специализированного образца.

Способность сточных вод поглощать кислород из воды характеризуется биохимической потребностью в кислороде (БПК). Количество кислорода, необходимое бактериям для стабилизации органических веществ в образце сточных вод в аэробных условиях в течение заданного времени при определенной температуре, оценивает потребность микроорганизмов в кислороде.

Наличие в сточных водах нерастворимых, взвешенных или плавающих частиц органических веществ, бактерий, бумажных волокон и т.д. характеризуется содержанием взвешенных веществ. Концентрация взвешенных веществ определяется их количеством на единицу объема воды, достигаемым путем фильтрации проб сточных вод и последующего взвешивания остатков [10].

Содержание остаточного свободного хлора характеризует наличие свободного хлора в воде, сбрасываемой за борт после обеззараживания сточных вод.

Состав загрязнений сточных и бытовых вод сложен и включает в себя множество загрязняющих веществ в различных состояниях.

Минеральные загрязнения в основном состоят из солей, кислот, щелочей, растворенных газов и нерастворимых частиц.

Органические загрязнители поступают из растительных и животных источников, таких как растительные остатки, фрукты, бумага и остатки мышечной ткани человека и животных. Разложение органических веществ может привести к нехватке кислорода в воде и развитию водорослей и

микроорганизмов, что приводит к появлению неприятного запаха. Эти микроорганизмы также могут выделять вредные вещества, такие как метан.

Биологическое загрязнение включает различные микроорганизмы, дрожжевые и плесневые грибы, бактерии и вирусы, включая патогенные микроорганизмы. Кроме того, сточные воды могут содержать взвешенные вещества, нефтепродукты и стойкие вещества, такие как синтетические моющие средства.

Основные технические требования к системам очистки сточных вод и их характеристики определяются конкретными документами, включая Международную конвенцию MARPOL 73/78, Правила Регистра по предотвращению загрязнения с судов, Санитарные правила для морских судов и руководящие документы по стандартам проектирования систем очистки сточных вод.

Согласно MARPOL 73/78, сброс неочищенных сточных вод в море запрещен. Однако и из этой Конвенции есть исключения:

1. Если судно сбрасывает измельченные и обеззараженные сточные воды на расстоянии более 4 морских миль от ближайшего берега с использованием одобренного Регистром устройства, или если оно сбрасывает не измельченные и не обеззараженные сточные воды на расстоянии более 12 морских миль от ближайшего берега, накопленные сточные воды в сборные емкости необходимо постепенно сливать воду с судна со скоростью не менее 4 узлов.

2. Если на судне имеется установка для очистки сточных вод, имеющая сертификат Регистра, подтверждающий соответствие эксплуатационным требованиям, оно может эксплуатировать установку. Результаты испытаний этой установки должны быть занесены в Международный сертификат судна. Сброс сточных вод не должен приводить к образованию плавающих твердых частиц или изменению цвета окружающей воды.

Если сточные воды смешиваются с запрещенными или ограниченно используемыми отходами или другими используемыми водами, к их сбросу применяются уже более строгие требования.

Основные технические требования к системам очистки сточных вод на морских судах изложены в различных документах, включая Международную конвенцию МАРПОЛ 73/78, Правила Регистра по предотвращению загрязнения с судов, Санитарные правила для морских судов и руководящие документы по стандартам проектирования систем очистки сточных вод.

МАРПОЛ 73/78 запрещает сброс неочищенных сточных вод в море, но из этого правила есть исключения. Единственное исключение – если судно сбрасывает измельченные и обеззараженные сточные воды на расстоянии более 4 морских миль от ближайшего берега с использованием одобренного Регистром устройства, или если оно сбрасывает не измельченные и не обеззараженные сточные воды на расстоянии более 12 морских миль от ближайшего берега. В этих случаях сточные воды, скопившиеся в сборных резервуарах, должны постепенно сбрасываться с судна со скоростью не менее 4 узлов.

Другим исключением является наличие на судне установки для очистки сточных вод, имеющей сертификат Регистра, подтверждающий соответствие эксплуатационным требованиям. В этом случае судно может эксплуатировать установку, но сброс сточных вод не должен приводить к образованию плавающих твердых частиц или изменению цвета окружающей воды. Результаты испытаний этой установки должны быть занесены в Международный сертификат судна.

Важно отметить, что требования МАРПОЛ 73/78 применяются к судам полной вместимостью более 200 рег. тонн, а также к судам полной вместимостью менее 200 рег. тонн. т или суда с неустановленной полной вместимостью, на которых разрешается перевозить более 10 человек.

Заметим, что требования МАРПОЛ 73/78 не распространяются на бытовую воду. Хотя бытовая вода с эпидемиологической точки зрения менее опасна, чем сточные воды, она по-прежнему оказывает негативное воздействие на морскую флору и фауну. Поэтому, возможно, имеет смысл заняться обеззараживанием бытовой воды.



Количество сточных и хозяйственно–бытовых вод на судах зависит от различных факторов, включая количество экипажа и пассажиров, состояние санитарного оборудования, район плавания и наличие круглогодичной системы кондиционирования воздуха на судне. В южных широтах количество сточных вод увеличивается на 15–20%, в то время как в высоких широтах оно уменьшается на 5–10%. Например, финские специалисты из концерна "Вяртсиля" сообщили, что на пассажирском судне с 2200 пассажирами на борту количество сточных вод и бытовой воды может достигать 600 м<sup>3</sup> в сутки.

Судно с экипажем и обслуживающим персоналом из 100 человек производит 5440 литров сточных вод в день. Согласно нормативным актам, суда, по оценкам, производят 50 литров сточных вод на человека в день, а смесь сточных вод и бытовой воды – 200–250 литров на человека в день.

Поступление сточных вод на суда нерегулярно и имеет несколько пиков в течение дня, особенно во время пересменок и приема пищи. При стоянке в порту поступление сточных вод в 2–3 раза меньше, чем во время рейсов.

Морские очистные сооружения должны соответствовать следующим условиям:

1. Обеспечивать постоянную очистку сточных вод независимо от интенсивности поступления и концентрации загрязняющих веществ, включая крупные частицы.
2. Поддерживать качество очистки, несмотря на изменение солености и температуры сточных вод.
3. Иметь возможность кратковременного отключения без ущерба для производительности.
4. Быстрая возобновляемость работы после отключения.
5. Надежно работайте в условиях крена с шагом до 15° и вибрации.
6. Имеют минимальный вес и габариты.
7. Могут быть автоматизированы.

Установки для очистки сточных вод, используемые в настоящее время на судах, можно разделить на два типа:

- те, которые работают по биологическому (биохимическому) принципу;
- те, которые работают по физико–химическому (электрохимическому) принципу.

### 3.2 Системы очистки льяльных вод, содержащих нефтепродукты (сепараторы)

Сброс загрязненной нефтью трюмной воды непосредственно или через водомаслоотделитель за борт запрещен до тех пор, пока содержание масла в воде не достигнет 15 ppm и не будут выполнены все требования МАРПОЛ 73/78 и местных регулирующих органов. Нефтедержащие воды [9], собранные в трюмах машинного отделения во время рейсов и во время нахождения судна в порту, должны, по возможности, быть переданы в приемные сооружения до отхода судна. Судно должно иметь стандартные соединения в соответствии с Правилom 19 Приложения 1 к МАРПОЛ 73/78 для подачи загрязненной воды в приемные сооружения. При отсутствии береговых приемных сооружений трюмную воду следует перекачивать в подходящий резервуар для хранения и последующего слива через водонефтяной сепаратор (Рисунок 3.2.1).



Рисунок 3.2.1 – Сепаратор Alfa Laval [37]

Насущная необходимость решения экологических проблем, в частности оптимизации процессов очистки морской нефтесодержащей воды, имеет решающее значение. Это соответствует требованиям Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов MARPOL–73/78, которая предусматривает, что содержание нефти в очищенных нефтесодержащих водах, сбрасываемых с судов, не должно превышать 15 ppm. Поэтому необходимы исследования, направленные на повышение эффективности систем очистки маслосодержащей воды.

Процедуры стандартных испытаний маслоотделителей и сигнализации о содержании масла описаны в резолюции ИМО по МЕРС.107 [50], которая является значительным обновлением по сравнению с устаревшей резолюцией по МЕРС.60 [51]. Новое разрешение учитывает эмульсии типа "масло в воде", которые получают путем контролируемого смешивания различных тестируемых масел со специальным эмульгирующим веществом и порошком оксида железа с помощью центробежного насоса на высокой скорости в течение часа. Сепаратор трюмной воды должен быть способен отделять эмульсию и осаждать остатки масла.

Эмульсия обычно представляет собой смесь двух или более составляющих, таких как масло и вода, где частицы масла больше не находятся в виде крупных капель и не соединяются. Для образования эмульсии требуется механическая энергия, которая может быть достигнута с помощью центробежного насоса или высокого давления и турбулентной скорости потока в системе трубопроводов. В этом процессе капли масла разделяются на множество мелких частиц, что делает эмульсию легко отделяемой с помощью эффективного коагулятора. При наличии эмульгаторов поверхность частиц масла становится гидрофобной благодаря ионным и анионным поверхностно-активным веществам, предотвращающим их слипание.

Эмульсии, полученные механическим способом, легко отделяются механическим коагулятором, в то время как стабильные химические эмульсии не поддаются такому же разделению.

Стабильные химические эмульсии могут быть разделены:

- путем термообработки в выпарном аппарате;
- химической обработкой соответствующим коагулянтом;
- мембранной ультрафильтрации с удержанием молекул масла;
- адсорбции с использованием подходящих материалов.

Современные системы очистки морской воды НСВ обладают следующими функциональными свойствами:

- 1) Сбор и накопление маслянистой воды;
- 2) Подача маслянистой воды в фильтрующее оборудование для очистки;
- 3) Очистка НСВ до заданной концентрации нефтепродуктов в очищенной воде;
- 4) Контроль концентрации нефтепродуктов в очищенной воде;
- 5) Автоматическое прекращение сброса за борт, когда концентрация нефтепродуктов в очищенной воде превышает 15 промилле.

Однако из-за ужесточения требований по охране окружающей среды при эксплуатации судов Международная морская организация (ИМО) в настоящее время предъявляет повышенные требования к судовым системам очистки нефтесодержащих вод. Эти системы должны обеспечивать высококачественную очистку, надежность и стабильность работы в автоматическом режиме, предотвращать сброс нефтесодержащих вод с концентрацией более 15 ppm, обладать оптимальной пропускной способностью, минимальными затратами и обеспечивать требуемое качество очистки даже в экстремальных условиях или в случае аварийных утечек нефти продукты и вода [10].

Для повышения эффективности очистки воды, содержащей нефть, и повышения экологической безопасности эксплуатации судов важно, чтобы современные системы очистки НСВ обладали более широким спектром функциональных свойств. К таким свойствам относятся:

- 1) Обеспечение начальной гравитационной очистки нефтесодержащих вод.

- 2) Промежуточное удаление отстоявшихся нефтепродуктов.
- 3) Обеспечение высокого качества на каждом этапе очистки нефтесодержащей воды.
- 4) Минимальные затраты и энергопотребление.
- 5) Продолжительная работа в течение длительного времени без необходимости разборки или замены фильтрующих элементов.
- 6) Возможность регенерации фильтрующих элементов.
- 7) Минимальное гидравлическое сопротивление.
- 8) Минимальная эмульгирующая способность.
- 9) Поддержание необходимого уровня очистки даже в случае утечек воды и нефтепродуктов.
- 10) Простота конструкции и эксплуатации.
- 11) Рациональная пропускная способность для точного соответствия желаемому расходу [44].

Исходя из этого, очевидно, что включение этих функций в системы очистки НСВ имеет решающее значение для достижения эффективной очистки нефтесодержащей воды и повышения общей экологической безопасности судовой деятельности.

Для обеспечения оптимальной производительности и правильного выбора оборудования необходимо обладать этими специфическими качествами. Судовые сепараторы, используемые для очистки топлива и масла, можно разделить на две основные группы

1. Пурификаторы: Эти очистители предназначены для разделения двух жидкостей разной плотности, а также для удаления твердых частиц, загрязняющих жидкости. Их основная функция заключается в эффективном разделении компонентов.

2. Кларификаторы: Эти осветлители предназначены для отделения более мелких твердых частиц и небольшого количества тяжелых жидких примесей от нефтепродуктов. Они обычно используются для получения масел высокой

степени очистки или для проведения вторичной очистки после первоначальной грубой очистки в пурификаторах.

Эти различия распространены в судовой практике, где пурификаторы используются для отделения твердых частиц и воды с жидким осадком от нефтепродуктов, в то время как осветлители используются для дальнейшей очистки для достижения более высокого уровня чистоты (Рисунок 3.2.2).

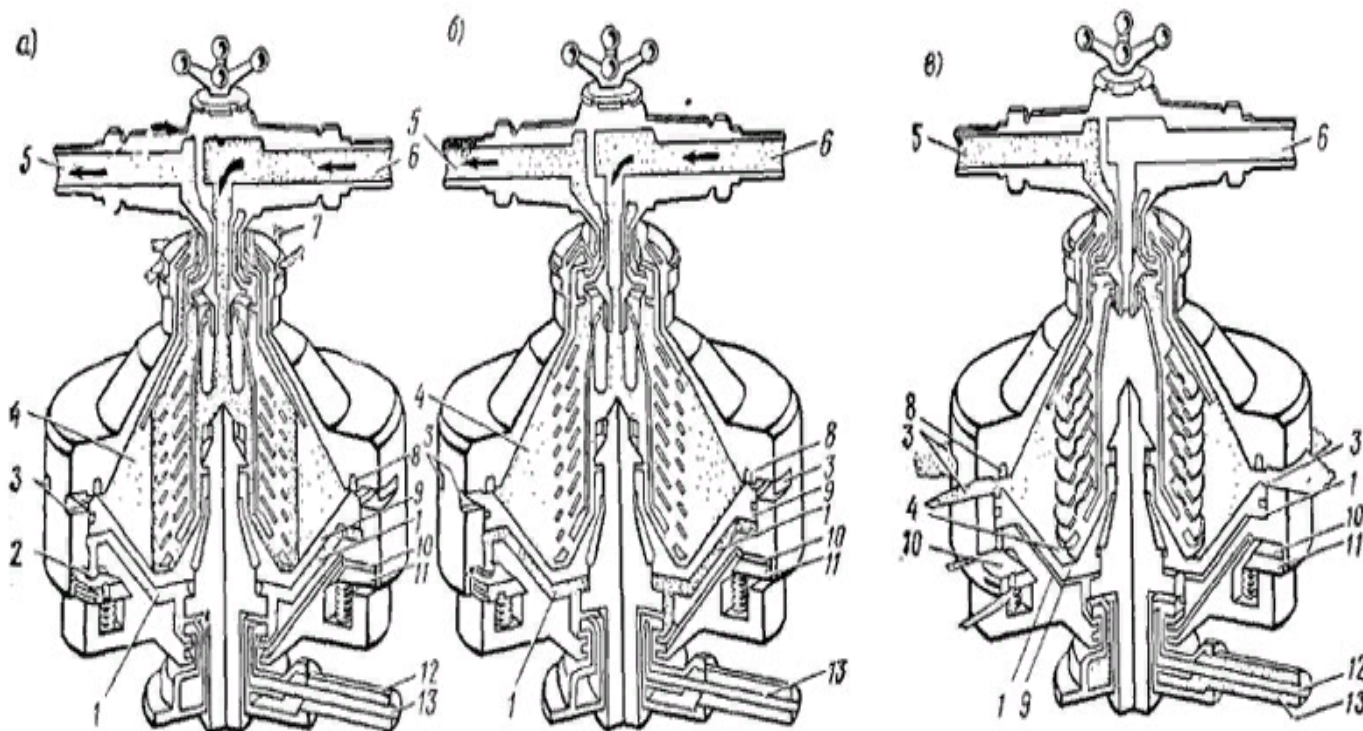


Рисунок – 3.2.2 – Сепаратор с периодической очисткой, где а – пурификатор, б – кларификатор, в – показана автоматическая очистка от шлама [35]

На рисунке можно увидеть сепаратор с периодической очисткой, т.е. удалением грязи. На Рисунке под буквой «а» показан сепаратор как пурификатор, «б» как кларификатор, а «в» в момент автоматической очистки.

В процессе очистки загрязненное масло поступает в центральную часть вращающегося барабана через канал 6. Вода, которая имеет более высокую плотность, чем топливо, выбрасывается в конусообразную грязевую камеру 4 и

выводится через отверстие 7, в то время как очищенное топливо скапливается ближе к центру и выводится через канал 5.

В случае кларификатора под буквой б устанавливается специальная шайба, перекрывающая отверстие 7. Затем очищенное топливо или масло выводится через канал 5, в то время как осадок и грязь накапливаются в грязевой камере 4. Для автоматической очистки барабана без остановки сепаратора имеются дополнительные устройства и системы, такие как подвижное фальшднище 9, грязевыпускные окна 3 и система подачи воды и дренажа под фальшднищем.

Во время работы вода подается через канал 13 в камеру 1, создавая высокое давление за счет центробежной силы, которая удерживает подвижное дно в верхнем положении на уплотнительном кольце 8. Для очистки барабана подачу очищенного нефтепродукта прекращают и подачу воды передают из полости 1 в полость 10 по трубопроводу 12. Это создает давление в камере 10, заставляя кольцо 11 опускаться и рабочую воду вытекать через выходные отверстия 2. В результате подвижное дно опускается вниз под действием центробежной силы, выбрасывая ил, скопившийся в грязевой камере 4 снаружи барабана, через отверстие 3 в специальный грязесборник–сепаратор, который затем сбрасывается в грязевой резервуар [40].

### 3.3 Системы утилизации твердых бытовых отходов (инсинераторы)

Инсинераторы (Рисунок 3.3.1) – это системы, предназначенные для эффективного удаления твердых бытовых отходов в процессе сжигания. Они специально используются для утилизации отходов, которые не могут быть переработаны или безопасно захоронены на полигонах.



Рисунок 3.3.1 – Судовой инсинератор Hansun [39]

Ключевыми компонентами инсинератора являются камера сгорания, система подачи воздуха, система контроля температуры и система очистки дымовых газов. Камера сгорания изготовлена с использованием различных материалов, таких как сталь или керамика, чтобы выдерживать высокие температуры, возникающие в процессе сжигания. Система подачи воздуха обеспечивает подачу достаточного количества воздуха для поддержания горения отходов, в то время как система контроля температуры поддерживает желаемую температуру в камере сгорания.

При сжигании отходов образуются дымовые газы, содержащие вредные вещества, такие как диоксины и фураны. Для снижения воздействия на окружающую среду используются различные методы очистки этих дымовых газов, включая каталитическое дожигание, абсорбцию и фильтрацию [42].

Использование инсинераторов имеет ряд преимуществ. Во-первых, они значительно сокращают объем отходов, помогая свести к минимуму количество отходов, которые попадают на свалки. Это, в свою очередь, помогает экономить пространство на свалках. Во-вторых, сжигание помогает предотвратить риск загрязнения окружающей среды, связанный с



определенными типами отходов. Кроме того, остатки, образующиеся после сжигания, как правило, стерильны, что сводит к минимуму потенциальную опасность для здоровья. Наконец, процессы сжигания могут быть автоматизированы, что повышает эффективность и снижает потребность в ручном труде.

Однако важно понимать, как плюсы, так и недостатки мусоросжигательных установок. Существенным недостатком могут быть высокие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание. Кроме того, выбросы вредных веществ в атмосферу вызывают озабоченность, что требует использования передовых методов для надлежащего регулирования этих выбросов. Еще учитывается повышенный расход топлива, а также трудоемкость, связанная с эксплуатацией и обслуживанием инсинераторов. Поэтому важно предпринимать и разрабатывать безопасные меры эксплуатации для установок, и конечно с каждым годом улучшать устройства [35].

Все судовые мусоросжигательные установки должны иметь специальный сертификат Регистра, подтверждающий их способность сжигать требуемые отходы. Руководство по эксплуатации мусоросжигательной установки должно содержать полный перечень материалов, пригодных для сжигания отходов. Процесс сжигания состоит из двух этапов:

- предварительная сушка;
- сжигание.

Высушивание необходимо для экономии топлива. Сгорание достигается за счет передачи тепла от потоков горячего воздуха и нагрева от пламени или поверхности камеры сгорания. Количество подаваемого тепла зависит от сжигания топлива и теплотворной способности отходов. Этот фактор создает трудности при установлении оптимального режима сжигания, поскольку различные компоненты отходов обладают различной теплотворной способностью. Понимая конкретные характеристики и теплотворную способность каждого компонента, а также объем и состав отходов, становится возможным рассчитать общую теплотворную способность и выбрать

подходящий тип мусоросжигательной установки. Относительные пропорции различных компонентов отходов, особенно пищевых отходов и сухих отходов, влияют на общую теплотворную способность [49].

Современные мусоросжигательные установки используют печь для предварительной сушки отходов, за исключением случаев, связанных с осадком сточных вод, который может быть слишком влажным для сжигания без дополнительного топлива. В таких случаях осадок часто смешивается с топливом в специально предназначенном устройстве перед подачей в печь. Колосниковые решетки и подача воздуха в печь дополнительно облегчают процесс сушки.

Перед сжиганием отходы необходимо подготовить, например, путем сортировки и разделения различных материалов, удаления потенциально опасных веществ и обеспечения пригодности отходов для сжигания в соответствии с соответствующими правилами и руководящими указаниями [30].

В третьей главе изучено, то что применяется для очистки сточных, балластных, нефтесодержащих вод. Без оборудования такого спектра судно просто не сможет функционировать по нормам международного права, поэтому важно понять и исследовать, что применяется в данный момент, какие технологии используются.

#### 4 Технологии и оборудование для предотвращения трансграничного биологического загрязнения морских экосистем с судов

На протяжении достаточно большого количества времени затрагивались в большей мере загрязнения вызванные нефтесодержащими водами, но при этом множество научных исследований доказали, что и биологическое загрязнение не менее важно, а еще и вызывает больше последствий для экосистем. Если обратиться к содержанию международной конвенции МАРПОЛ 73/78, то там изложено, что балластные воды могут представлять собой опасность, в случае если содержится примеси нефти. Можно сделать вывод, что тогда еще на балластные воды не обращали достаточного внимания с экологической точки зрения.

Большие танкеры при своей эксплуатации используют огромное количество балластных вод. Обычно забор воды происходит в одном месте, но сброс в совершенно другом месте, по итогу такого перемещения в акватории появляются чужеродные микроорганизмы. Даже если судно перемещается несколько дней, то планктон может оставаться жизнеспособным [46].

Технологии электролиза могут быть использованы для обезвреживания судовых балластных вод. Этот процесс основан на использовании электрических зарядов для разрушения вредных микроорганизмов в воде. Электролиз может быть осуществлен с использованием различных типов электролизеров, включая мембранные, ионообменные и электродиализные.

Технологии ультрафильтрации для обработки судовых балластных вод становятся все более популярными в судоходной отрасли. Эти методы используются для удаления нежелательных микроорганизмов и других вредных веществ из балластной воды, что помогает предотвратить загрязнение водных экосистем и распространение инвазивных видов [42].

Ультрафильтрация основана на использовании полупроницаемых мембран, которые способны пропускать только определенные молекулы или ионы. В процессе ультрафильтрации вода проходит через мембрану, и вредные

вещества, такие как бактерии, вирусы, паразиты и другие микроорганизмы, задерживаются на мембране.

Для обработки судовых балластных вод используются различные типы ультрафильтров, включая дисковые фильтры, ленточные фильтры и мембранные модули. Дисковые фильтры обычно используются для грубой очистки балластной воды от крупных частиц, таких как песок и ил. Ленточные фильтры имеют большую площадь поверхности и могут обрабатывать большие объемы воды за короткий промежуток времени. Мембранные модули, состоящие из множества ультратонких мембран, обеспечивают высокую степень очистки воды от микроорганизмов [8].

Эффективность ультрафильтрации может варьироваться в зависимости от типа фильтра, качества исходной воды и условий обработки. Однако, в целом, эти технологии считаются достаточно эффективными для обезвреживания балластных вод, особенно по сравнению с традиционными методами, такими как хлорирование.

В дополнение к ультрафильтрации, существуют также комбинированные технологии для обработки судовых балластных вод. Одной из таких технологий является электрохимическая обработка, которая включает в себя использование электрических зарядов для уничтожения микроорганизмов в воде. Эта технология может быть использована в сочетании с ультрафильтрацией для достижения еще более высокой степени очистки воды.

Другой комбинированной технологией является биологическая обработка, основанная на использовании микроорганизмов, способных разрушать вредные вещества в балластной воде. Этот метод может быть использован в сочетании с ультрафиолетовыми лучами или химическими агентами для повышения эффективности процесса.

Кроме того, использование ультразвуковых волн в сочетании с электрохимической обработкой может увеличить эффективность удаления микроорганизмов из балластной воды [45].

#### 4.1 Технологии электролиза для обезвреживания судовых балластных вод

Технологии электролиза предлагают жизнеспособное решение для очистки судовых балластных вод путем использования электрических зарядов для уничтожения вредных микроорганизмов, присутствующих в воде. Для осуществления процесса электролиза могут использоваться различные типы электролизеров, включая мембранные, ионообменные и электродиализные.

В мембранных электролизерах используются полупроницаемые мембраны для эффективного разделения ионов в растворе. Такое разделение обеспечивает более эффективное уничтожение микроорганизмов, повышая общую эффективность обработки. Ионообменные электролизеры, с другой стороны, используют ионообменные смолы для удаления ионов из раствора. Этот аспект не только способствует уничтожению микроорганизмов, но и повышает общую эффективность процесса очистки.

В электродиализных электролизерах используются селективные мембраны для направления ионов к соответствующим электродам, что способствует эффективному процессу электролиза. Такой целенаправленный перенос ионов позволяет проводить обработку с высокой эффективностью, эффективно нейтрализуя вредные микроорганизмы [29].

Однако стоит отметить, что использование электролиза может привести к образованию побочных продуктов, таких как водород и кислород. Эти побочные продукты потенциально могут создавать проблемы при использовании на борту судов. Более того, электролиз может быть относительно более дорогостоящим и может демонстрировать более низкую эффективность по сравнению с альтернативными методами очистки балластных вод, такими как ультрафильтрация.

Таким образом, технологии электролиза представляют собой многообещающий подход к эффективной нейтрализации вредных микроорганизмов в судовой балластной воде. Хотя различные типы электролизеров обладают уникальными преимуществами, при выборе наиболее

подходящего метода очистки для конкретного судна следует должным образом учитывать образование побочных продуктов, финансовые последствия и эффективность [2].

#### 4.2 Технологии ультрафильтрации для обезвреживания судовых балластных вод

Технологии ультрафильтрации набирают популярность в судоходной отрасли как средство очистки судовых балластных вод. Эти методы эффективны для удаления нежелательных микроорганизмов и вредных веществ из воды, тем самым предотвращая загрязнение водных экосистем и распространение инвазивных видов.

Ультрафильтрация работает на основе полупроницаемых мембран, которые пропускают только определенные молекулы или ионы. В процессе ультрафильтрации вода проходит через мембрану, в то время как бактерии, вирусы, паразиты и другие микроорганизмы задерживаются на мембране.

Для очистки судовых балластных вод используются различные типы ультрафильтров, включая дисковые фильтры, ленточные фильтры и мембранные модули. Дисковые фильтры обычно используются для первоначального удаления крупных частиц, таких как песок и ил, из балластных вод. Ленточные фильтры с большой площадью поверхности способны обрабатывать большие объемы воды за короткое время. Мембранные модули, состоящие из ультратонких мембран, обеспечивают высокий уровень очистки, эффективно удаляя микроорганизмы из воды.

Метод обеззараживания с использованием ультрафиолетового излучения доказал свою эффективность при дезактивации переносимых водой болезнетворных микроорганизмов и вирусов без ухудшения вкуса и запаха воды и без внесения в воду нежелательных побочных продуктов.

Такой метод обеззараживания воды завоевывает популярность в качестве альтернативы или дополнения к традиционным средствам обеззараживания, таким как хлор, из – за своей безопасности, экономичности и эффективности.

Химический метод очищения с помощью хлора является небезопасным, но используется довольно часто. Для обеззараживания воды в основном используется хлор в газообразном состоянии. Он соединяется с молекулами воды и образует хлорноватистую кислоту (НОСІ), ионы  $H^+$  и ионы хлора. НОСІ распадается на  $H^+$  и ионы ОСІ (гипохлорида).

Хлорноватистая кислота вместе с ионами гипохлорида называется свободным хлором. При реакции хлора с аммиаком, присутствующим в воде, образуется хлорамин, который так же, как и хлор, имеет биоцидные свойства. Имеется три разновидности хлорамина: монохлорамин, дихлорамин и трихлорамин. Для дезинфекции воды в основном применяется монохлорамин. Концентрация различных разновидностей хлорамина зависит в основном от уровня рН воды. Наряду с тем, что хлор или хлорамин позволяют очень хорошо контролировать бактериальный уровень, эти агенты приносят и некоторые проблемы. Внесение хлора, будучи разновидностью химической обработки, вызывает изменения химического состава, вкуса и запаха воды, что крайне нежелательно для большинства отраслей. Кроме того, серьезным недостатком применения хлора является возможность появления канцерогенных побочных продуктов или трехгалогензамещенного метана (ТНМ), образующихся, когда остаточный хлор реагирует с органическими смесями, присутствующими в воде. В обычных системах водоснабжения остаточный хлор обычно удаляется слоем активированного угля или внесением химических веществ, например, метабисульфита натрия. Слой активированного угля адсорбирует остаточный хлор и преобразует его в молекулы соляной кислоты и углекислого газа. В случае хлорамина побочными продуктами реакции адсорбции активированным углем являются аммиак и соляная кислота. Механизм действия метабисульфита натрия более сложен. Вначале из метабисульфита натрия образуются ионы сульфита. Затем эти ионы разлагают хлор и хлорамин на сульфат, аммиак и соляную кислоту.

Эти методы имеют определенные внутренние недостатки. Использование метабисульфита натрия означает применение одного химиката для удаления

другого, поэтому слой активированного угля может служить питомником для бактерий. Кроме того, дехлорирование слоев активированного угля не обеспечивает полного удаления хлора. Так как слой активированного угля благодаря адсорбции может одновременно снизить уровень органических примесей, присутствующих в потоке воды, эти органические примеси могут служить в качестве питательного состава для размножения бактерий, тем самым еще более усугубляя проблему.

Метод ультрафиолетового обеззараживания воды не обеспечивает полной дезинфекции остаточных загрязняющих веществ, поэтому в больших системах распределения он должен сочетаться с применением дополнительных средств обеззараживания [47].

Эффективность ультрафильтрации может варьироваться в зависимости от таких факторов, как тип используемого фильтра, качество исходной воды и конкретные условия очистки. Однако в целом эти технологии считаются высокоэффективными для очистки судовых балластных вод, особенно по сравнению с традиционными методами, такими как хлорирование.

Ультрафиолетовый свет расположен в электромагнитном спектре между видимым светом и рентгеновскими лучами. Ультрафиолетовая область занимает в электромагнитном спектре диапазон от 400 до 100 нм.

Кроме этого, этот диапазон подразделяется еще на четыре поддиапазона:

- Ультрафиолет – А (длинноволновый Ультрафиолет) – 315–400 нм;
- Ультрафиолет – В (средневолновый Ультрафиолет) – 280–315 нм;
- Ультрафиолет – С (коротковолновый Ультрафиолет) – 200–280 нм;
- вакуумный Ультрафиолет – 100–200 нм.

Для водообработки применяется ультрафиолет с двумя длинами волн – 254 и 185 нм.

Свет с длиной волны 254 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м} = 10^{-9} \text{ А}$ ), называемый также бактерицидным светом из-за его способности убивать микроорганизмы, применяется для дезинфекции и уничтожения озона. Он проникает через



внешнюю стенку клетки микроорганизма в тело клетки и изменяет генетический материал дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Таким образом, микроорганизмы уничтожаются нехимическим способом. Кроме этого, ультрафиолетовый свет может разрушать остаточный озон, присутствующий в потоке воды.

#### 4.3 Комбинированные технологии для обезвреживания судовых балластных вод

В дополнение к ультрафильтрации существуют различные комбинированные технологии для очистки судовых балластных вод. Одной из таких технологий является электрохимическая обработка, при которой используются электрические заряды для эффективного уничтожения микроорганизмов в воде. В сочетании с ультрафильтрацией этот подход может еще больше повысить уровень очистки воды.

Другая комбинированная технология включает биологическую очистку, при которой используются микроорганизмы, способные разлагать вредные вещества в балластной воде. Этот метод может использоваться в сочетании с ультрафиолетовыми лучами или химическими агентами для оптимизации эффективности процесса очистки.

Более того, использование ультразвуковых волн в сочетании с электрохимической обработкой может повысить эффективность удаления микроорганизмов из балластных вод. Комбинируя эти различные технологии, становится возможным соответствовать более высоким стандартам очистки судовых балластных вод и обеспечивать сохранение водных экосистем.

Совмещение различных методов обеззараживания необходимо в случаях, если один из методов не обладает необходимыми свойствами или если совместное использование обеспечивает многократное усиление эффекта и таким образом позволяет ускорить процессы обеззараживания [32].

Т.е., сочетание нескольких методов или технологий обеззараживания воды одновременно является технической необходимостью, так как ни один из

существующих методов на сегодняшний день не является панацеей в процессах водоподготовки и водоочистки. Правильный подбор оборудования, его сочетание с другими методами является гарантией успеха в решениях по очистке воды.

#### 4.4 Компании, производящие оборудование для очистки балластных вод

Рассмотрим некоторые компании производящие и поставляющие очистительное оборудование. Для наиболее выгодной оценки стоит рассматривать преимущественно российских производителей, но следует отметить, что таких производителей не так много, для полного охвата всей транспортной системы Российской Федерации. Проанализировав и рассмотрев доступный рынок, можно выделить компании, которые выделяются на рынке РФ: поставщики ООО «ТПО Кронштадт», поставщик и производитель «Регион Пауэр Групп (РПГ)», производитель «НПО ЭНТ–Технология УФ», поставщик «Норма Мит», компания «Alfa Laval», ООО «Винета» и ультразвуковое оборудование «Александра-Плюс».

Для того, чтобы проанализировать эффективность оборудования, можно провести анализ–сравнение технических характеристик параметров очистки (скорость фильтрации, уровень очистки, производительность), стоимость если она доступна для просмотра, а также доступность сайта, количество и качество информации, расположенной на нем, и тем самым можно предположить экономическую выгоду оборудования.

Для анализа наиболее перспективно использовать системы управления балластными водами (СУБВ) с ультрафильтрацией. Использование систем управления балластными водами весьма актуально в современной мировой судоходной отрасли. Балластные воды используются для стабилизации судов в море, но они также могут содержать большое разнообразие морских организмов, включая инвазивные виды, которые могут попадать в новые среды при сбросе балластных вод. Это может иметь значительные экологические и

экономические последствия, поскольку инвазивные виды могут нарушать местные экосистемы и наносить ущерб инфраструктуре.

Системы управления балластными водами предназначены для обработки балластных вод с целью удаления или нейтрализации любых потенциально вредных организмов перед их сбросом. Используя эти системы, суда могут помочь предотвратить распространение инвазивных видов и свести к минимуму их воздействие на новую окружающую среду. Это особенно важно, поскольку мировая торговля и судоходство продолжают расширяться, что приводит к увеличению вероятности непреднамеренного распространения вредных организмов.

В дополнение к экологическим преимуществам, использование систем управления балластными водами также может помочь судоходным компаниям соблюдать международные правила и избежать потенциальных штрафов за сброс неочищенных балластных вод. В целом, актуальность этих систем заключается в их способности защищать окружающую среду, предотвращать распространение инвазивных видов и обеспечивать соблюдение нормативных требований в мировой судоходной отрасли.

Для того, чтобы сравнить оборудование возьмем их технические характеристики с официальных сайтов, выбор оборудования будет происходить исходя из их доступных технических характеристик.

От компании «Alfa Laval» идет система обеззараживания балластных вод «PureBallast 3.1» (Рисунок 4.4.1). Alfa Laval занимается производством своих продуктов с 1883 года, и с каждым годом все только расширяет свои возможности, компания стремится к энергосбережению и защите окружающей среды. Оборудование применяется также в ядерной энергетике, горнодобывающей промышленности, машиностроении, очистительных системах и на борту судов [22].



Рисунок 4.4.1 – PureBallast 3.1 от компании «Alfa Laval» [22]

Поставщик «Норта Мит» представляет компанию «Headway Technology Co.Ltd» и установку СУВД OceanGuard. Норта Мит была образована в 2001 году. Основная деятельность направлена на поставку и установку судового оборудования, а также техническое снабжение и обслуживание судов. Является представителем более чем 11 стран [26].

## Схема установки OceanGuard™ BWMS



- А** Блок управления    **В** EUT    **С** Клапаны    **Д** Расходомер    **Е** Фильтр

Рисунок 4.4.2 – OceanGuard от «Headway Technology Co.Ltd» [26]

ООО «Кронштадт» очистительная установка «DESMI Compact Clean» (Дания). Компания «Кронштадт» на рынке еще с 1998 года, с этого времени и поставляют судовое оборудование. Одна из главных их целей — это поставка широкого ассортимента материалов и оборудования. Также они занимаются реализацией сложных проектов в разных отраслях. Судовая установка, которая рассматривается это оборудование датской компании DESMI, она образовалась еще в 1834 году, и с того времени зарекомендовала себя как надежный производитель и поставщик. Система очистки вод «DESMI Compact Clean» спроектирована так, что занимает минимальное количество места и при этом остается с высокими показателями технической характеристики [25].



Рисунок 4.4.3 – ООО «Кронштадт» очистительная установка «DESMI Compact Clean» [25]

Поставщик и производитель Регион Пауэр Групп (РПГ) установка «Суесо–В1000». Компания РПГ образовалась в 2007 году и первоначально занималась ремонтом морских судов и корпусных установок, далее стали предоставлять свои услуги по монтажу оборудования и систем, постепенно приобретая навыки модернизации и проектировании новых систем [27].



Рисунок 4.4.4 – Регион Пауэр Групп (РПГ) установка «Суесо–В1000» [27]  
Компания НПО ЭНТ–Технология УФ представляет установку «УОВ–50м–100АК М» (Рисунок 4.4.5). Эту установку хотелось бы выделить отдельно, так как она больше направлена на УФ обеззараживание питьевой воды на судне. Имеет производительность равную  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а УФ доза составляет  $25 \text{ мДж}/\text{см}^2$ , при этом потребляемая мощность всего  $1,4 \text{ кВт}$  и является довольно хорошим результатом [28].

Важно выделить эту компанию тем, что сейчас она на рынке активно развивается и является российской, что только прибавляет к ней заинтересованности. Она является очень перспективной и в скором времени претендует занять лидирующие позиции. Недавно, в октябре этого года предприятие выиграло тендер на крупную поставку судового оборудования для УФ обеззараживания воды. Имеет все необходимые сертификаты соответствия, чтобы успешно работать и составлять конкурентоспособность для различных зарубежных предприятий.



Рисунок 4.4.5 – «УОВ–50м–100АК М» от НПО ЭНТ–Технология УФ [28]

Отечественное предприятие ООО «Винета» образовалось в 1996 году. Активно сотрудничает с судостроительными компаниями, поставляя им оборудование. С каждым годом все больше установок разрабатывается и внедряется. Тем самым является одним из самых перспективных отечественных предприятий. Установка по обеззараживанию СУБВ «УОБВ-1000» (Рисунок 4.4.6) от «Винета» [24].



Рисунок 4.4.6 – Установка «УОБВ-1000» от ООО «Винета» [24]



Ультразвуковые модули от компании «Александра-Плюс» представлены широким ассортиментом оборудования. Российская компания производит оборудование с 2000 года, имеет свои патенты. Множество областей применения и индивидуальный подход делают ее одним из приоритетных выборов для местных судостроительных компаний, а также такой ультразвуковой метод очистки в сочетании с фильтрацией будет самым эффективным способом обеззараживания [23].

На Рисунке 4.4.7 представлена таблица со сравнительными характеристиками перечисленного ранее оборудования по УФ очистке.

№	Название компании, установки и производитель	Количество ламп в УФ блоке	Макс. Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Мин. Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Энергопотребление, кВт	Энергопотребление (мин.), кВт
1	Компания «Alfa Laval» PureBallast 3.1	1	1000	32	100	–
2	Поставщик «Норта Мит» компании «Headway Technology Co.Ltd» OceanGuard	3	1000	35	17	–
3	Поставщик «Кронштадт» компании «DESMI» DESMI Compact Clean	24	1000	95	96	32
4	Компания поставщик Регион Пауэр Групп (РПГ) «Суесо-В1000».	1	1000	17	85	16
5	ООО «Винета» «УОБВ-1000»	1	1000	–	–	–

Рисунок 4.4.7 – Таблица характеристик оборудования

Были взяты установки с одинаковой производительностью равной 1000 м<sup>3</sup>/ч и заполнены такие поля, данные на которые можно найти на официальном сайте предприятия.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что продукция отечественных производителей одна из приоритетных. Так на официальном сайте достаточно много информации по техническим характеристикам в открытом доступе. Одной из самых скрытных компаний является поставщик Норта Мит и Альфа Лаваль, они не обладают обширными описаниями, поэтому

поставщик Норта Мит обладает наименьшей эффективностью по приобретению продукции из всех представленных.

Таким образом, можно сказать, что важным показателем является энергопотребление, в дальнейшем повлиять на общую экономическую способность оборудования. Мощность и производительность оборудования может значительно варьироваться в зависимости от конкретной модели и производства. Многие производители предлагают различные варианты комплектации и дополнительной опции для приспособления оборудования под индивидуальные потребности судна и экипажа. Минусом можно назвать то, что на сайтах нет информации по ценовому диапазону, а ведь он разнообразен и выбирается исходя из потребности и бюджета. В целом, рынок предлагает достойные варианты оборудования, но выбор и конкретной модели должен основываться на индивидуальных потребностях судна.

Для наиболее эффективной работы оборудования по очистке балластных вод необходимо использовать комбинированный подход с двухступенчатой системой обеззараживания. Также исходя из четвертой главы наилучшим решением будет возможность использования дополнительных опционных модулей ультразвукового обезвреживания и электролиза, но это уже в случае особо сильных загрязнений. Таким образом, модульный подход будет отличным решением к формированию технического облика системы очистки и обезвреживания, в зависимости от типа и объема загрязнений будут подключаться последовательно необходимые модули.

## 5 Практические рекомендации

Предотвращение загрязнения морских экосистем судами является важной задачей, и существуют практические рекомендации по использованию технологий и оборудования для этой цели. Вот несколько рекомендаций:

1. Установка новых технологий по очистке сточных, балластных вод: Суды могут использовать специальные системы очистки воды для удаления микробов и других загрязняющих веществ из воды перед ее сливом обратно в море. Эти системы обычно состоят из фильтров, альтернативных технологий очистки, например, ультрафильтрации или электрохимической обработки, а также обработки ультрафиолетовым излучением.

2. Установка защитных крышек на выхлопные трубы: Установка специальных крышек на выхлопные трубы уменьшает распространение загрязнений в окружающей среде. Корпуса могут быть оснащены системами фильтрации или очистки для улучшения качества выделяемых веществ.

3. Внедрение современных систем очистки отработанного смазочного масла: На судах используется большое количество смазочных масел, которые могут быть загрязнены различными веществами. Однако существуют современные системы очистки, которые позволяют удалять загрязнения из отработанного смазочного масла и предотвращать его выброс в морские экосистемы.

4. Обучение экипажей соблюдению мер безопасности: регулярное обучение экипажей судов предотвращению загрязнения морских экосистем является важным аспектом. Сотрудники должны быть знакомы с правилами и предписаниями, касающимися удаления отходов, выбросов и других видов загрязнения, каждый год проходить переекспертацию по знанию таких мер безопасности.

5. Использование дополнительных опционных модулей ультразвукового обезвреживания и электролиза, но это уже в случае особо сильных загрязнений. Модульный подход будет отличным новым решением к формированию

технического облика системы очистки и обезвреживания, а в зависимости от типа и объема загрязнений будут подключаться последовательно необходимые модули.

6. Для компаний отечественных производителей («Винета», «НПО ЭНТ–Технология УФ», «Александра-Плюс») сделать на их официальных сайтах более расширенный каталог оборудования с полными техническими характеристиками и ценовым диапазоном. Предоставлять местным судостроительным предприятиям оборудование и комплектующие по доступным ценам и обеспечивать соответствующее обслуживание по установке и ремонту.

Все рекомендации могут варьироваться в зависимости от международных и национальных правовых норм, и требований. Регулярное обновление знаний и применение современных технических решений в этой области поможет судовладельцам и экипажам эффективно предотвращать загрязнение морских экосистем.

## Заключение

Обобщив и проанализировав доступные сведения о нормативной базе, о различных технологиях и оборудовании для предотвращения загрязнения морских экосистем с судов, можно сделать следующие выводы:

1. Нормативно–правовая база по предотвращению загрязнений морских экосистем с судов за последние 20 лет значительно ужесточилась, что нашло свое отражение как в приложениях и дополнениях к Конвенции МАРПОЛ 73/78, так и в Полярном кодексе, в Конвенции по балластным водам 2004 г. и в других, которых Россия ратифицировала и должна исполнять. В связи с этим, необходима дальнейшая разработка ряда отечественных высокоэффективных систем и оборудования для предотвращения различного загрязнения морских экосистем с судов.

2. Наиболее эффективными на практике методами и технологиями обезвреживания воды, могут являться те из них, которые основаны на физическом воздействии (коротковолновое ультрафиолетовое облучение, ультразвук, фильтрация воды через щелевые или ячеистые фильтры 50,100 и 200 мкм). Химические методы при своем применении могут оказывать также общее негативное воздействие на морские экосистемы. Электролиз воды (с образованием в результате гипохлорита натрия  $\text{NaOCl}$ ) как метод обезвреживания балластных и сточных вод эффективен в основном только в районах плавания, где используется вода океанической солёности и мало походит для солоновато–водных акваторий, по причине низкой концентрации хлора.

3. Различные типы загрязнений с судов (акустические, физические, биологические) требуют различных знаний, подходов, методов, технологий и оборудования для их предотвращения или снижения. В связи с этим необходима в некоторых случаях организация междисциплинарных НИР, результаты которых составят в основу прикладных опытно–конструкторских работ, направленных на разработку оборудования с последующей его

сертификацией. В Российской Федерации имеется для этого значительный научно–технический задел, опытные образцы и часть оборудования уже выпускается серийно.

4. Восстановление и развитие международного сотрудничества в области предотвращения загрязнений, в том числе трансграничных, для обеспечения экологической безопасности морских экосистем, особенно в районах интенсивного судоходства, которыми являются внутренние моря Европы может быть целесообразным.

5. Необходимо развивать больше отечественного оборудования для полного обеспечения оборудования судов. Так как много компаний поставщиков из других стран, а российских производителей сильно меньше участвует в большом рынке.

6. Для наиболее эффективной работы оборудования по очистке балластных вод необходимо использовать комбинированный подход с двухступенчатой системой обеззараживания.

## Список использованных источников

1. Автомонов Е. Г. Мониторинг балластных вод танкеров на подходе к месту загрузки // Вологдинские чтения. 2006. №56. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-ballastnyh-vod-tankerov-na-podhode-k-mestu-zagruzki> (дата обращения: 02.11.2023).
2. Ахмедова О.О. Теоретическое обоснование параметров локальной установки обеззараживания сточных вод электрофизическими методами воздействия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9–2. – С. 215–220; Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7294> (дата обращения: 03.10.2023).
3. Бабич С.В., Яковлева А.А., Транспортно–логистический потенциал Северного Морского Пути в Евроазиатском экономическом пространстве // Российская Арктика; Москва, № 4, с. 5–14, 2019.
4. Багдасарян А.А. Основные экологические проблемы Северного морского пути в перспективе его развития. / А.А. Багдасарян // Российская Арктика. – 2020. – №9. – С. 17–29
5. Быковский В.К. Международный полярный кодекс как основной международный правовой акт по обеспечению безопасности перевозок в Арктике // Международное сотрудничество евразийских государств: политика, экономика, право. 2020. №1. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodnyy-polyarnyy-kodeks-kak-osnovnoy-mezhdunarodnyy-pravovoy-akt-po-obespecheniyu-bezopasnosti-perevozk-v-arktike> (дата обращения: 06.11.2023).
6. Бурлакова Н.Н., Масютин А.Г. Предотвращение загрязнения окружающей среды с судов: учебно-методическое пособие / Инженерная школа ДВФУ. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2019. 38 с. ISBN 978-5-7444-4425-9

7. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

8. Водоподготовка. Физико-химические основы процессов обработки воды: учебное пособие / В.А. Карелин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 97 с.

9. Исаков А.Я., Исаков А.А. Акустическое излучение судна с позиций экологического влияния на окружающую среду // Вестник КамчатГТУ. 2005. №4. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/akusticheskoe-izluchenie-sudna-s-pozitsiy-ekologicheskogo-vliyaniya-na-okruzhayuschuyu-sredu> (дата обращения: 01.09.2023).

10. Кодекс по уровню шума на судах : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201801300029> (дата обращения: 02.07.2023)

11. Конвенция МАРПОЛ 73/78 : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.sur.ru/upload/legislation/MARPOL\\_file\\_1\\_37\\_3567.pdf](http://www.sur.ru/upload/legislation/MARPOL_file_1_37_3567.pdf) (дата обращения: 02.05.2023)

12. Коперчак О.П. Проблема балластных вод морского судна. Методы ее решения // Вестник науки. 2019. №11 (20). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-ballastnyh-vod-morskogo-sudna-metody-eyo-resheniya> (дата обращения: 01.11.2023).

13. Корнилов Э.В., Бойко П.В., Голофастов Э.И. Справочник по вспомогательным механизмам и судовым системам. — Одесса: Экспресс-Реклама, 2009. — 290 с

14. Лобанов В.А. Ледовые качества и ледовая аварийность флота внутреннего и смешанного плавания // Интернет-журнал «Наукovedение». 2013. № 4. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/70tvn413.pdf>. (Дата обращения: 25.05.2023)

15. Люкина Е.В., Яновский А.С., Мохов Г.М. Акустическое проектирование // Т-Comm. 2017. №13. Режим доступа:



<https://cyberleninka.ru/article/n/akusticheskoe-proektirovanie> (дата обращения: 29.10.2023).

16. Люкина Е.В., Чернышова Т.В., Яновский А.С., Мохов Г.М. Совершенствование методов акустического проектирования // Т-Comm. 2016. №10. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodov-akusticheskogo-proektirovaniya> (дата обращения: 08.09.2023).

17. Макаров И.А., Степанов И.А. Экологический фактор экономического развития Российской Арктики // ЭКО. 2015. №11 (497). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskij-faktor-ekonomicheskogo-razvitiya-rossiyskoj-arktiki> (дата обращения: 03.09.2023).

18. Маслов В.Л., Будрин С.В. Методы управления акустическими полями в инженерных конструкциях. СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2010

19. Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года.: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201709080012> (дата обращения: 08.08.2023)

20. Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс): [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201712260021> (дата обращения: 08.08.2023)

21. Организация Объединенных Наций: Мировой океан и морское право : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/global-issues/oceans-and-the-law-of-the-sea> (дата обращения: 01.10.2023)

22. Официальный сайт АО «Альфа Лаваль Поток». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.alfalaval.ru/products/process-solutions/ballast-water-solutions/pureballast-3-1> (дата обращения: 06.10.2023)

23. Официальный сайт «Александра-Плюс»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://alexplus.ru/Ультразвуковые\\_линии\\_и\\_комплексы.html](http://alexplus.ru/Ультразвуковые_линии_и_комплексы.html) (дата обращения: 06.10.2023)

24. Официальный сайт ООО Машиностроительное предприятие «Винета». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vineta.ru/ru/catalog/oborudovanie-vodopodgotovki-i-vodoochistki/ustanovka-obezzarazhivaniya-ballastnykh-vod-uobv> (дата обращения: 01.10.2023)

25. Официальный сайт ООО ТПО «Кронштадт»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kron.spb.ru/products/sud/sistemy-obrabotki-balastnykh-vod/bwts-desmi-ss/> (дата обращения: 03.10.2023)

26. Официальный сайт «Норта Мит»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://norta.net/ru/catalog/sistema-ochistki-ballastnykh-vod/> (дата обращения: 03.10.2023)

27. Официальный сайт «Регион Пауэр Групп»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://regpg.com/> (дата обращения: 03.10.2023)

28. Официальный сайт ООО НПО ЭНТ–Технология УФ: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.npoent.ru/catalog/sudovye-ustanovki-dlya-morskoj-vody/> (дата обращения: 04.10.2023)

29. Первов А.Г. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация / Монография: М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 232 с.

30. Попов В.В. Эксплуатация судовых вспомогательных механизмов, систем и устройств. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2021. – 182 с

31. Радионовская Т.И. Требования полярного кодекса к безопасной эксплуатации морских судов // Инновационная наука. 2017. №6. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/trebovaniya-polyarnogo-kodeksa-k-bezopasnoj-ekspluatatsii-morskih-sudov> (дата обращения: 09.10.2023).

32. Решняк В.И., Каляуш А.И., Рочев Д.И. Технология очистки и обеззараживания балластной воды // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. 2021. №1. Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-ochistki-i-obezzarazhivaniya-ballastnoy-vody> (дата обращения: 08.10.2023).

33. С. О. Макарова Современные вызовы в правовом регулировании предотвращения загрязнения с судов // Москва : Юридический институт РУТ (МИИТ), 2020. — 47 с"

34. Савенко В.В. Совершенствование методов акустического проектирования кораблей. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; 3(385): 131–144 с.

35. Свецкий А.В. Правовая охрана морской среды при транспортировке нефти и нефтепродуктов: международно-правовые аспекты // Международное право и международные организации. 2022. №4. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovaya-ohrana-morskoy-sredy-pri-transportirovke-nefti-i-nefteproduktov-mezhdunarodno-pravovye-aspekty> (дата обращения: 02.11.2023).

36. Свецкий А.В. Нефть и нефтепродукты:// Международное право и международные организации. 2022. №5. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/neft-i-nefteprodukt-mezhdunarodno> (дата обращения: 12.06.2023).

37. Сепаратор Alfa Laval : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.alfalaval.ru/> (дата обращения: 08.10.2023)

38. Совет безопасности Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/security/military/document34/> (дата обращения: 05.10.2023)

39. Судовой инсинератор Hansun : [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://hansunmarine.ru/> (дата обращения: 09.10.2023)

40. Тё А. М. Судовые вспомогательные механизмы, системы и устройства: учеб.пособие / А. М. Тё. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2013. – 208 с.

41. Тихомиров Г. И. Судовое фильтрующее оборудование для предотвращения загрязнения моря: учеб. пособие. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2012. – 133 с.

42. Федосеева М.А., Романченко М.К. Защита от шума на судах речного флота // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2011. №3 (11). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaschita-ot-shuma-na-sudah-rechnogo-flota> (дата обращения: 15.11.2023).

43. Физико-химические основы процессов очистки воды: учебное пособие / А. Ф. Никифоров, А. С. Кутергин, И. Н. Липунов, И. Г. Первова, В.С. Семенищев. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 164 с.

44. Хорошев В.Г., Попов Л.Н., Гатин Р.И., Погодин Н.П. Технологическое и нормативное обеспечение обезвреживания судовых балластных вод // Труды Крыловского государственного научного центра. 2019. №3 (389).

45. Хорошев В.Г., Дроздов В.В., Погодин Н.П., Гатин Р.И. Предотвращение загрязнения морских экосистем судовыми балластными водами. Экология и промышленность России. 2016;20(1):42-47. Режим доступа: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2016-1-42-47>

46. Хорошев В.Г., Попов Л.Н., Дроздов В.В., Шалларь А.В., Герасимов А.В. Разработка российской системы управления балластными водами судов // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2017. №2 (69). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-rossiyskoj-sistemy-upravleniya-ballastnymi-vodami-sudov> (дата обращения: 15.09.2023).

47. Хорошев В.Г., Петров М.В., Дроздов В.В., Попов Л.Н., Гатин Р.И. Предотвращение загрязнения морских экосистем судовыми балластными водами: проблемы и пути решения// Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2015. – № 40/41. – С. 15 – 19.

48. Штода А.И. Исследования процессов выделения газов из жидких сред в судовых сепарационных установках и аппаратах // Труды Крыловского государственного научного центра. 2022. №2 (400). Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-protseessov-vydeleniya-gazov-iz-zhidkih-sred-v-sudovyh-separatsionnyh-ustanovkah-i-apparatah> (дата обращения: 07.08.2023).

49. Mirmarine: устройство судовых инснераторов : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mirmarine.net/svm/543-ustrojstvo-sudovykh-inseneratorov> (дата обращения: 03.09.2023)

50. Resolution MEPC.107(49). Revised guidelines and specifications for pollution prevention equipment for machinery space bilges of ships. – London : IMO, 2003. – 25 p

51. Resolution MEPC.60(33). Guidelines and specifications for pollution prevention equipment for machinery space bilges of ships. – London : IMO, 1992. – 132 p.