

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ /  
OPERATION OF WATER TRANSPORT, WATERWAYS AND HYDROGRAPHY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.24>

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА  
НИЗКОСЕРНИСТОЕ ТОПЛИВО

Обзор

Арестова Ю.А.<sup>1,\*</sup>, Тонконог В.В.<sup>2</sup>, Головань Т.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9128-0962;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0001-6526-3678;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0001-7810-1395;

<sup>1,2,3</sup> Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, Новороссийск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (arestova5[at]mail.ru)

**Аннотация**

В данной статье проведено исследование, основанное на изучении сформировавшихся проблемных вопросов, которые возникли у зарубежных и отечественных судовладельцев в связи с необходимостью перехода работы судов на низкосернистое топливо или внедрения скрубберов в качестве его альтернативы. Причиной этому явилось изменение международного морского законодательства в Приложении VI Конвенции МАРПОЛ 73/78, регулирующей обеспечение наименьшего загрязнения воздушного и морского бассейнов продуктами бункерной переработки. В этой связи в статье изучены соответствующие международные нормы на предмет выявления правовых «пустот» в регулировании утилизации технических отходов после применения скрубберов в целях поддержания безопасной экологической обстановки и сделаны соответствующие рекомендации. Кроме того, в исследовании выявлен перечень факторов, анализ которых позволит судовладельцу оценить целесообразность применения топлива с низким уровнем серы при осуществлении морских перевозок. Изучение видов скрубберов и принципов их действия позволило выявить основные проблемные стороны внедрения на судах различных типов систем газоочистителей, а также сформулировать достоинства и недостатки их дальнейшего использования после изменения конструкции судна.

**Ключевые слова:** экология мирового океана, международное морское право, низкосернистое топливо, применение скрубберов.

SELECTION OF AN OPTIMAL VARIANT OF VESSEL OPERATION UNDER CONDITIONS OF TRANSITION TO  
LOW-SULPHUR FUEL

Review article

Arestova Y.A.<sup>1,\*</sup>, Tonkonog V.V.<sup>2</sup>, Golovan' T.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9128-0962;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0001-6526-3678;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0001-7810-1395;

<sup>1,2,3</sup> Admiral Ushakov State Maritime University, Novorossiysk, Russian Federation

\* Corresponding author (arestova5[at]mail.ru)

**Abstract**

In this article, the research based on the study of the formed problematic issues, which have emerged among foreign and domestic shipowners in relation to the necessity of transition of ship operation to low-sulphur fuel or introduction of scrubbers as its alternative was conducted. The reason for this was the change of international maritime legislation in Annex VI of MARPOL 73/78 Convention, regulating provision of the least pollution of air and sea basins by bunker products. In this regard, the article studies the relevant international norms to identify legal "voids" in the regulation of technical waste disposal after scrubber application in order to maintain a safe environmental situation and makes relevant recommendations. In addition, the study identifies a list of factors, the analysis of which will allow a shipowner to assess the feasibility of using low sulphur fuels in maritime shipping. The study of scrubber types and principles of their operation allowed to identify the main problematic aspects of implementation of different types of gas purifier systems on ships, as well as to formulate advantages and disadvantages of their further use after changes in the ship design.

**Keywords:** world ocean ecology, international law of the sea, low sulphur fuel, scrubber applications.

**Введение**

На сегодняшний день очень остро стоит проблема загрязнения окружающей среды как на суше, так и в акваториях. Учитывая невозможность полного отказа от внешнеторговых перевозок с использованием морского транспорта, а также его высокую конкурентоспособность вследствие низкой себестоимости, большой грузоподъемности и возможности межконтинентальной перевозки, можно констатировать перманентный высокий уровень транспортировки грузов морскими судами.

подавляющее большинство грузовых судов оборудованы дизельными установками, работающими на мазуте и дизельном топливе. Учитывая, что мазуты представляют собой тяжелые остаточные фракции переработки нефти, их сжигание приводит к высокому уровню загрязнения воздушного и морского бассейна такими опасными выбросами, как оксиды серы (SO<sub>x</sub>), окислы азота (NO<sub>x</sub>), альдегиды, угарный газ и сажа. При оседании на воду, эти выхлопы

наносит существенный вред экологии мирового океана. В связи с этим, Marine Environment Protection Committee (МЕРС) с 1 января 2020 года ввел требования в отношении необходимости обеспечения уровня содержания серы в судовом топливе не более 0,5%. Данное требование связано с введением новых поправок в Приложении VI Конвенции МАРПОЛ 73/78, подтверждённых ИМО. Это обстоятельство стало причиной необходимости принятия судовладельцем решения по выбору вариантов эксплуатации судна либо с использованием топлива с низким содержанием серы, либо установки на судах газоочистителей.

Уточним, что именно применение топлива с 3,5% содержанием серы (HS) привело к тому, что ИМО начала ограничивать районы мирового океана с его использованием, а с 1 января 2020 года и вовсе запретила применение топлива с высоким содержанием серы на всех участках водного бассейна. Относительно выбросов окислов азота ( $\text{NO}_x$ ) предусмотрены следующие районы контроля: Североамериканский район, район Карибского моря Соединённых штатов (с учётом обозначенных координат) и любой другой морской район, включая любой портовый район, назначенный Организацией. Требования по нормам выбросов окислов серы ( $\text{SO}_x$ ) и твердых частиц, кроме вышеперечисленных контрольных районов, также распространяются на район Балтийского и Северного моря, определённых Приложениями I и V Конвенции. При эксплуатации судов в данных районах, с 1 января 2015 года, содержание серы в жидком топливе не должно превышать 0,10% по массе.

Таким образом, были введены ограничения на выброс  $\text{SO}_x$  и  $\text{NO}_x$ , путём дополнения и редакции Приложения VI МАРПОЛ 73/78, а контроль судовых балластных вод был закреплён Международной конвенцией о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими (BWMC) [4]. Новые поправки запрещают использование топлива с количеством серы больше 0,5%, что потребовало от судовладельцев перехода на низкосернистое топливо (LS). Важно отметить, что имеется и альтернативные способы снижения вредных выбросов, такие как:

- применение альтернативных видов топлива;
- применение двухтопливных систем;
- регулировка двигателей;
- использование на судах скрубберов.

Стоит сказать, что внесенные изменения в международное законодательство нашли свое отражение в национальном законодательстве многих стран.

Так, например, к основам национального законодательства Европейского союза по вопросам эксплуатации морских судов и требований по выбросам окислов серы ( $\text{SO}_x$ ) и твердых частиц можно отнести два основополагающих документа:

1. Директива 2012/33/ЕС: Эта директива изменила Директиву 1999/32/ЕС и установила более строгие требования по содержанию серы в судовом топливе. Водные зоны ЕС подпадают под требования эмиссионных контрольных зон MARPOL.

2. Регламент ЕС 2015/757: Устанавливает систему мониторинга, отчетности и верификации выбросов  $\text{CO}_2$  от крупнотоннажных судов.

В Соединенных Штатах Америки также разработано национальное законодательство:

1. Морские программы контроля выбросов (ЕСА): В рамках Закона о чистом воздухе (Clean Air Act) в США действуют свои ЕСА, где в дополнение к требованиям MARPOL применяются собственные ужесточенные стандарты.

2. Руководство по предотвращению загрязнения с судов (ЕРА): Агентство по охране окружающей среды США (ЕРА) выпускает подробные руководства и нормы, касающиеся предотвращения выбросов от морских судов.

В Российской Федерации исследуемые вопросы на национальном законодательстве регламентируются в Кодексе торгового мореплавания Российской Федерации: Этот кодекс включает положения, направленные на защиту морской среды от загрязнений, вызванных судоходством, и приведен в соответствие с нормами MARPOL.

Объектом исследования выступает нормативно-правовая база, регламентирующая вопросы эксплуатации морских судов.

Цель данной работы заключается в обзорном анализе международных и национальных нормативно-правовых актов, а также мнения ведущих экспертов в области морского судоходства и экологии касательно эксплуатации морских судов и требований по выбросам окислов серы ( $\text{SO}_x$ ) и твердых частиц.

### **Материалы и методы**

Для анализа сложившейся ситуации были использованы нормативно-правовые акты международного права, регламентирующие вопрос необходимости снижения уровня содержания серы в судовом топливе с 3,5% до 0,5%, предусмотренные Международной конвенцией ИМО по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ 73/78 в части Приложения VI «Правила предотвращения загрязнения с судов» [1]. Исследуемый вопрос также предусмотрен национальным законодательством разных стран, регулирующим установление норм вредных выбросов в воздушный и морской бассейн, а именно Кодексом США и его Титулом 33 «Судоходство и судоходные воды» [2], Полярным Кодексом [3] и т.д.

С целью изучения вопроса мониторинга загрязнения от судовых электростанций и снижения выбросов серы в зонах экологического контроля были изучены работы таких авторов, как Модина М.А., Епихин А.И., Хекерт Е.В., Туркин В.А., а также Герасиди В.В. [5], [6], [7], [9].

Для достижения поставленной в исследовании цели были применены анализ и сравнение статистических данных, а также метод обобщения полученных результатов.

### **Результаты**

В настоящее время, к альтернативным видам топлива для судов можно отнести сжиженный природный (СПГ) или углеводородный газ (СУГ), метанол, биотопливо и водород. Так, использование СПГ сокращает количество вредных выбросов в атмосферу до 90%. Однако глобальный переход на него затрудняется тем, что не весь флот может быть

переоборудован для использования СПГ. Морские суда выгоднее переводить на газ на стадии строительства. Также открытым остаётся вопрос безопасного размещения СПГ на судне и его получения на борт. На сегодняшний день имеется неразвитость инфраструктуры по бункеровке газовым топливом.

Кроме того, при рассмотрении альтернативного бункера, необходимо учитывать его воздействие на окружающую среду. Например, использование СПГ даёт наименьший выброс парниковых газов, однако несгоревший метан по выбросам превосходит углекислый газ в 20 раз. В свою очередь, производители двухтопливных двигателей заверяют, что в современном оборудовании объём несгоревшего метана не так велик. В отношении использования метанола и водорода эксперты отмечают значительно более высокий углеродный выброс в сравнении с использованием тяжёлого топлива High Sulphur Fuel Oil (HSFO).

Для решения экологических вопросов допустимого содержания серы в зонах эмиссионного контроля SECA, также может быть использовано следующее низкосернистое топливо: очень низкосернистый Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO) и сверхнизкосернистый Ultra Low Sulphur Fuel Oil (ULSFO) мазут с максимально допустимым содержанием серы 0,50% и 0,10%, соответственно, а также судовой газойл Low Sulphur Marine Gasoil (LSMGO) с содержанием сернистых компонентов менее 0,1% на килограмм готового топлива.

Смешивание HSFO и VLSFO/ULSFO, а также ULSFO с его другими видами может дать нестабильное топливо. В связи с этим, пока судно не израсходует ULSFO полностью и не высушит танк, бункероваться новым мазутом не следует. Таким образом, если судно ходит в экологических районах SECA, применение исключительно ULSFO – оправданно. Кроме того, такой мазут дешевле дизельного топлива Low Sulphur Marine Gasoil (LSMGO). В случае если флот лишь заходит в районы Sulphur emission control areas (SECA) для погрузки или выгрузки, а основную часть рейса судно выполняет вне экологических зон, выгоднее брать VLSFO, а на экологическую зону использовать LSMGO, партии которого совместимы.

Для формирования представления об уровне цен на бункерное топливо, рассмотрим его ценовое значение применительно к портам Западной и Северной Европы (см. рисунок 1).

Западная и Северная Европа			
Средние цены			
<b>HSFO</b> <b>561.45</b> долларов США за тонну -4.30 -0.76%	<b>IFO 380</b> <b>1078.00</b> долларов США за тонну +389.75 56.63%	<b>MGO</b> <b>932.41</b> долларов США за тонну -2.20 -0.24%	<b>MGO 0.1%</b> <b>1113.00</b> долларов США за тонну +580.00 108.82%
<b>ULSFO</b> <b>641.75</b> долларов США за тонну +15.25 2.43%	<b>VLSFO</b> <b>660,00</b> долларов США за тонну +8.42 1.29%		

Рисунок 1 - Средние цены на бункерное топливо в портах Западной и Северной Европы  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.24.1>

Цена на бункер может варьироваться в зависимости от стоимости сырой нефти, доставки бункера и конъюнктуры фрахтового рынка.

Наиболее низкая стоимость наблюдается у HSFO. Альтернативным вариантом может являться СПГ. Однако наличие технических проблем, связанных с переоборудованием судов и их бункеровкой, о которых было сказано ранее, затрудняет массовый переход на данный вид топлива.

Стоимость альтернативных видов топлива, применяемых в качестве судового бункера представлена на рисунке 2.

		\$/MMBtu		\$/mt (LNG)
LNG Bunker Fuel Singapore	LNBSG00	12.523		LNBSF00 651.196
LNG Bunker East China	LNBCA00	12.623		LNBCB00 656.396
LNG Bunker Fuel US SE Coast	LNCA00	10.336		LNGL00 537.475
LNG Bunker Fuel Rotterdam	LNBRD00	10.678		LNBRF00 555.256
LNG Bunker Fuel Barcelona	LNBSA00	10.839		LNBSB00 563.628
		\$/mt	\$/mt (Oil)	\$/mt (LNG)
Methanol Bunker Fuel Singapore	MLBSG00	395.000	MLBS000 753.256	MLBSL00 955.349
Methanol Bunker Fuel Rotterdam	MLBRT00	351.250	MLBR000 669.826	MLBRL00 849.535
Methanol Bunker Fuel Houston	MLBHT00	359.990	MLBH000 686.493	MLBHL00 870.673
Bio-Bunkers B24 Singapore	ABUNA00	783.880		
Bio-Bunkers B30 Rotterdam UCOME	ABKRA00	828.750		
Bio-Bunkers B30 Rotterdam FAME 0	ABKR000	794.000		

MMBtu to \$/mt (LNG) factor: 52.000.

Рисунок 2 - Альтернативные виды топлива  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.24.2>

В свою очередь, высокая стоимость водорода и метанола, как судового бункера, не позволяет им конкурировать с HSFO и VLSFO. Кроме того, метанол по сравнению с «последними» имеет более высокий уровень углеродных выбросов.

В отношении регулировки двигателей, как способа снижения выбросов до необходимого уровня SO<sub>x</sub>, можно отметить, что данный метод не видится настолько перспективным, как предыдущие варианты, включая применение

скрубберов, ввиду сложности в достижении оптимального соотношения точно установленного количества выбросов серы, скорости судна и экономической составляющей.

Одним из распространённых методов выполнения требований Приложения VI МАРПОЛ 73/78 в отношении снижения выбросов  $SO_x$  и достижения экономической целесообразности является установка на судах скрубберов. Однако, следует подчеркнуть, что на уровне специальных районов SECA применение таких газоочистителей не предусмотрено. Одновременно с этим некоторые государства вводят запреты на использование не гибридных видов скрубберов в их территориальных водах и в акваториях портов. Такие меры предусмотрены в отдельных портах в Сингапуре, Китае, Ирландии, Индии, Абу Даби, Бельгии, Германии, Литвы, Латвии, Норвегии, а также в США (Коннектикут, Калифорния).

Авторы Модина М.А. и др. в своей статье отмечают, что «На основании предполагаемого расхода топлива и текущих цен на топливо экспертами было подсчитано, что более 630 зарегистрированных ИМО судов могут выиграть от использования скрубберов» [5]. Следовательно, судовладелец встаёт перед выбором использования LS топлива на океанских и морских переходах или установки скруббера. По мнению авторов, для ответа на этот вопрос необходимо выработать системный подход, который затронет изучение и оценку как правовой и технической, так и коммерческой стороны.

Прежде всего рассмотрим целесообразность бункеровки судна топливом с низким содержанием серы. Здесь необходимо последовательно учесть следующие факторы:

1. Дедвейт судна и его нормы потребления бункера на ходу и на стоянке.
2. Цены на HS и LS топливо и прогнозы их динамики.
3. Затраты судовладельца в части расходов на бункер.

Учитывая существенную разницу в цене на HS и LS топливо, которая обусловлена качеством и возрастающим спросом на низкосернистое топливо, суда большого дедвейта с высокими нормами его потребления понесут существенную разницу в эксплуатационных расходах на бункер, которые в свою очередь при том же фрахте (или не существенном его повышении) резко снизят прибыль судовладельца или опустят её ниже точки безубыточности.

Ещё одной проблемой использования топлива с низким содержанием серы является его физико-химические свойства. Несмотря на то, что в эксплуатации оно более экологичное и позволяет выдерживать требования МАРПОЛ 73/78 по снижению выбросов  $SO_x$ , его использование требует особого контроля температур. Так для флотских мазутов предусмотрен подогрев до температуры  $130^{\circ}C$ , в то время как низкосернистое топливо будет обладать такой же вязкостью уже при  $80-90^{\circ}C$ . Однако, следует отметить, что топливные насосы высокого давления судовых дизелей подвергаются ускоренному износу из-за необходимости перехода с подогретого тяжелого высокосернистого топлива на холодное низкосернистое топливо и наоборот.

Кроме того, к повышенному износу топливного оборудования приводят шероховатые мехпримеси алюмо-силеката, используемые при производстве LSFO. Другой причиной его износа также является снижение эффективности смазки из-за низкого содержания серы. В качестве решения данной проблемы может выступать использование смазочного масла с пониженным BN (15-40). Однако это применимо только для главного двигателя, а не для всех элементов топливного оборудования. Выбор определённого масла потребует отдельную консультацию с производителем главного двигателя и изучение Instruction Book Volume I Operation.

Как было сказано ранее, альтернативой использованию топлива с низким содержанием серы является установка специальных газоочистительных систем – скрубберов, которые представляют собой очиститель выхлопных газов. Дело в том, что в результате сжигания топлива, образуется инертный газ, содержащий оксиды серу, сажу и другие элементы, которые являются крайне нежелательными для выброса в атмосферу в виду своей токсичности.

Таким образом, газ, оказавшийся после пережога топлива, попускается через скруббер, в котором охлаждается и проходит обработку морской заборной водой, подаваемой через распылители, тем самым очищаясь от  $SO_2$  и сажи [6].

На сегодняшний день индустрия предлагает большое количество различных видов газоочистителей мокрого действия. Такие скрубберы по своему внешнему виду бывают: с открытым циклом; с замкнутым циклом; с гибридной системой [7]. Принцип действия системы с открытым циклом представлен на рисунке 3.

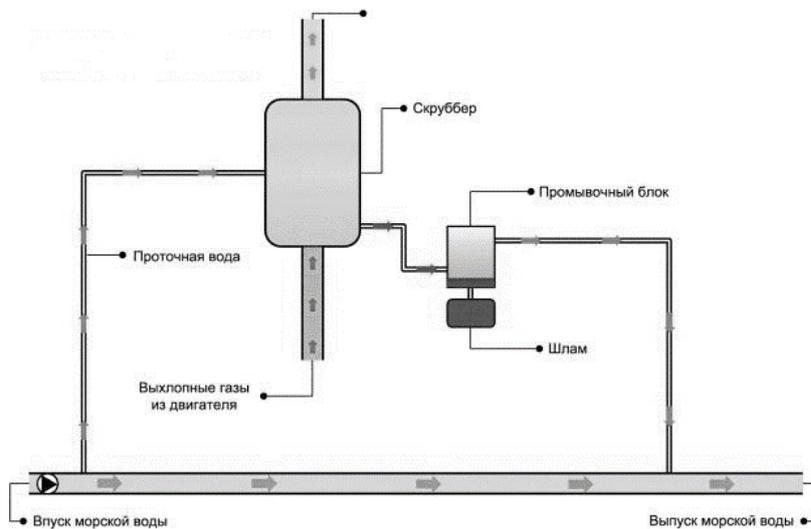


Рисунок 3 - Скруббер с открытым циклом действия  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.24.3>

Данный тип предназначен по большей части для судов, работающих в открытом море, что характерно для флота большого дедвейта. Система осуществляет забор воды из кингстонного ящика и прокачивает её через скруббер для очистки большей части серы и выхлопных газов.

Скрубберная установка с замкнутым циклом представлена наглядно на рисунке 4.

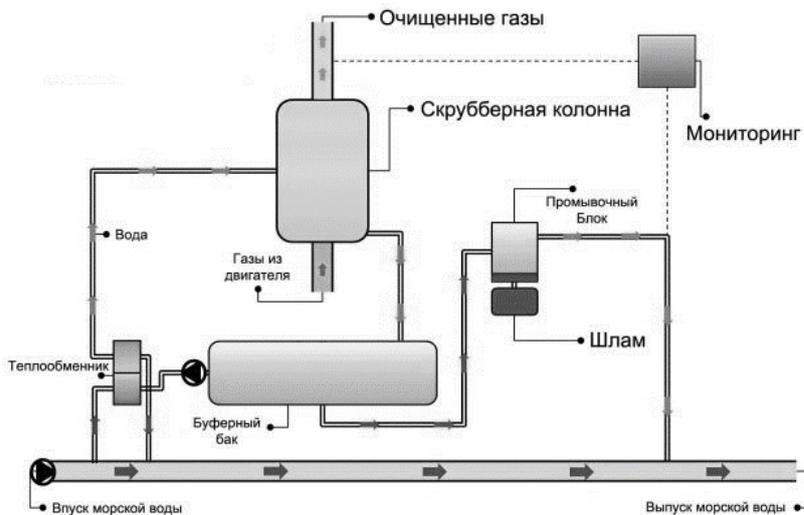


Рисунок 4 - Скруббер с замкнутым циклом действия  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.24.4>

Подобная система газоочистки подходит для судов, работающих в зонах SECA и часто осуществляющих судозаходы, так как вода не уходит за борт, а остается на судне. В свою очередь полученный в результате прогонки шлам сдаётся в подходящем порту.

Гибридная система удачно совмещает работу обоих видов цикла, что позволяет осуществлять переход от одного варианта обработки к другому в зависимости от условий эксплуатации судна.

Достоинства и недостатки установки и использования разных типов скрубберов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика используемых на транспортных судах типов скрубберов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.24.5>

Тип скруббера/Описание	Достоинства	Недостатки
С открытым циклом	Использование забортной воды с отсутствием требований по реагентам. Простота эксплуатации.	Работа только в открытых водах. Слив использованной воды и шлама за борт. Возможность запрета на слив.

	Относительно низкая цена.	
С закрытым циклом	Отсутствует сброс использованной воды за борт. Работа в зонах SECA и при частом судозаходе.	Необходимость места для хранения шлама и его последующей сдачи в порту. Более дорогостоящая установка. Повышенный расход топлива.
Гибридная система	Работа в открытых водах, зонах SECA и при частом судозаходе. Возможность переключения режимов работы.	Необходимость хранения шлама и его сдача. Сброс погонной воды за борт в случае использования открытого цикла. Высокая цена.

Важно подчеркнуть, что судовладельцу необходимо не только решить вопрос с выбором типа скруббера, но и с местом его расположения на судне. Перед установкой скруббера необходимо провести работы по 3D сканированию судна с целью определения возможности его монтажа с учётом размеров машинного отделения и кингстонного ящика. Так, в зависимости от размера и вида судна, скруббер может быть установлен на палубе, в выхлопной трубе или в качестве её пристройки. Если речь идёт о постройке нового судна, целесообразно предусмотреть встроенный вариант, когда скруббер будет вмонтирован в главный двигатель.

Кроме того, новая система может потребовать больше судовой энергии, а, следовательно, необходимо учесть возможность использования дополнительного генератора. В свою очередь, его эксплуатация повлечёт увеличение расхода топлива, снабжения и необходимость его обслуживания.

Учитывая, что работа судов должна приносить судовладельцу прибыль, не маловажным для него вопросом является цена скруббера, зависящая от его типа и производителя, стоимости и периода доставки оборудования, сметы по его установке на судостроительном заводе, сроков сборки с учётом загруженности верфи, а также необходимости проверки и получения сертификата после установки системы.

Таким образом, для судовладельца выбор скруббера определяется несколькими факторами:

1. Возраст, дедвейт судна и районы его плавания.
2. Необходимость подготовки судна к установке скруббера.
3. Тип скруббера, его производитель, цена и условия доставки.
4. Выбор судостроительного завода, стоимость и период установки скруббера.
5. Размеры судна с учётом необходимого места для установки скруббера.
6. Возможность нахождения ресурсов для выработки дополнительной мощности на судне.
7. Решение вопроса с утилизацией продуктов переработки скруббера в виде шлама и использованной для обработки забортной воды.

### Рассуждения

Исходя из изученного материала, касающегося правового регулирования вопроса слива забортных вод, используемых в скрубберах для обработки образующихся газов, можно прийти к выводу, что данный аспект проработан не полностью и имеют место правовые «пустоты».

Так, например, при использовании скрубберов с открытым циклом, слив отработанной морской воды, а также нередко и шлама, осуществляется за борт, т.к. запрет на такой выброс и его контроль имеется и проводится только в портах, зонах SECA и иных установленных ограниченных участках морской акватории. Следовательно, поправки, внесённые в МАРПОЛ 73/78 в части снижения норм выброса серы при переработке бункера, не привели к должному эффекту в вопросе защиты окружающей среды. Так, токсичные продукты сгорания топлива теперь вместо выброса в атмосферу, попадают в водный бассейн, вместе с прогоняемой через скруббер забортной водой и шламом.

Важно подчеркнуть, что использование скруббера, задействованного при работе главного двигателя, законодательно запрещено в порту ввиду токсичности продуктов его переработки. Однако, при погрузочно-разгрузочных операциях на нефтеналивных судах используется и другой скруббер. Он задействован при работе системы инертных газов (Inert gas system) и применяется для очистки выхлопных газов из котлов, которые подаются в танки. С его помощью в грузовом помещении создаётся воздушная «подушки» между верхом танка и грузом, предотвращающая появление взрывоопасной атмосферы.

Принцип его действия идентичен тому, что был описан ранее и также предусматривает для очистки забортную воду, которая после насыщения вредными примесями в результате обработки газов сливается обратно за борт, нанося существенный урон экологии водного бассейна. На сегодняшний день этот вопрос остаётся без правового регулирования. Таким образом, можно сделать вывод о том, что необходимо усилить нормативную базу, касающуюся рассмотренного выше вопроса через разработку новых или редакцию имеющихся правовых актов международного права.

Касательно рассуждений по вопросу выбора судовладельцем оптимального варианта обеспечения выполнения требований МАРПОЛ 73/78 Приложения VI «Правила предотвращения загрязнения с судов», следует отметить, что для его решения необходим комплексный подход с учётом всех сопутствующих аспектов.

В результате проведённого исследования, удалось выявить и систематизировать факторы, влияющие на целесообразность принимаемого решения, а именно:

1. Возраст судна и сроки его списания.
2. Район плавания и частота судозаходов.
3. Необходимость сдачи шлама, образующегося в результате газоочистки через скруббер.
4. Нормы и динамика потребления топлива на судне, позволяющие увидеть рост бункерных расходов в результате перехода на топливо с низким содержанием серы.
5. Возможность установки скруббера на судне исходя из его размеров и конструкции.
6. Выбор типа скруббера с учётом выявленных достоинств и недостатков.
7. Выбор производителя скруббера, его цена, период доставки, стоимость и сроки установки
8. Финансовые показатели, отражающие эффективность работы судна.

### Заключение

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы. Внесённые в МАРПОЛ 73/78 изменения в части Приложения VI, содержащего правила предотвращения загрязнения с судов, не смогли полностью покрыть вопросы прекращения негативного воздействия на экологию мирового океана за счёт снижения нормы содержания оксидов серы в выхлопных газах судовых двигателей. Переход на топливо LS, цена которого в несколько раз выше HS, используемого ранее, стал для судовладельцев существенной причиной снижения прибыли, вследствие чего многие из них прибегли к альтернативному варианту, заключающемуся в установке на судне скруббера. Однако система его действия заключается в том, что забортная вода, используемая для очистки выхлопных газов внутри скруббера, насыщенная вредными примесями сливается обратно за борт. Более того, часты случаи, когда и образующийся в результате очистки шлам, также выбрасывается в морской бассейн, если судно осуществляет движение не в особых районах мирового океана, где на подобные выбросы не наложен запрет. Аналогичная ситуация имеет место и при стоянке в портах на грузовых операциях. Несмотря на то, что использование скруббера, задействованного для работы главного двигателя на припортовых территориях и в порту запрещено, на танкерах при грузовых операциях используется скруббер системы инертных газов, очищающий их перед попаданием в грузовые танки. Таким образом, загрязнённая вода из газоочистителя сливается в акваторию порта, т.к. в этом отношении нормативное регулирование отсутствует полностью. Следовательно, необходимо доработать правовое поле в части решения данных вопросов.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. U.S. Code: Title 33 – navigation and navigable waters. — URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-33> (accessed: 01.04.2024).
2. Резолюция MSC.385(94) (принята 21 ноября 2014 года) Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс) // ГАРАНТ. — URL: <https://base.garant.ru/71844400/#friends> (дата обращения: 01.04.2024).
3. Ballast Water Management Convention (BWMC). — URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BWMCConventionandGuidelines.aspx> (accessed: 01.04.2024).
4. Модина М.А. Способы снижения вредных выбросов от эксплуатации электростанций в зонах специального экологического контроля / М.А. Модина, Е.В. Хеккерт, А.И. Епихин. — URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85118406893&doi=10.1088%2f1755-1315%2f872%2f1%2f012007&partnerID=40&md5=723e1bd7fef465dc1a91eb910bcbf053> (дата обращения: 25.12.2023).
5. Туркин В.А. Извлечение углекислого газа из выхлопных газов судовых двигателей методом адсорбции / В.А. Туркин, Ю.В. Писменская, Г.В. Игнатенко // Серия конференций ИОР: Наука о Земле и окружающей среде. — 2021. — № 872(1).
6. Туркин В.А. Мониторинг загрязнения от судовых электростанций с помощью лазерных технологий / В.А. Туркин, И.А. Сарычев, Г.В. Игнатенко // Серия конференций ИОР: Наука о Земле и окружающей среде. — 2021. — № 867(1).
7. IMO 2020: как снизить уровень серы в судовом топливе // MARINEQ. — URL: <https://seacom.ru/dokumentaciya/stati/imo-2020-kak-snizit-uroven-sery-v-sudovom-toplive/> (дата обращения: 01.04.2024).
8. Герасиди В.В. Анализ расхода топлива современных быстроходных судовых двигателей с электронным управлением / В.В. Герасиди, А.В. Лисаченко // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — № 2061(1).
9. Правовые аспекты установки скрубберов для целей соблюдения новых требований Приложения VI МАРПОЛ // Korabel.ru. — URL: [https://www.korabel.ru/news/comments/pravovye\\_aspekty\\_ustanovki\\_skrubberov\\_dlya\\_celey\\_soblyudeniya\\_novyh\\_trebovaniy\\_u\\_prilozheniya\\_vi\\_marpol.html](https://www.korabel.ru/news/comments/pravovye_aspekty_ustanovki_skrubberov_dlya_celey_soblyudeniya_novyh_trebovaniy_u_prilozheniya_vi_marpol.html) (дата обращения: 01.04.2024).
10. Опыт использования скрубберов на крупнотоннажных танкерах // Судостроение. Info. — URL: <https://sudostroenie.info/novosti/41140.html> (дата обращения: 01.04.2024).

11. Юсиф А. Солянокислотная коррозия скруббера с трубками Вентури / А. Юсиф [и др.] // Coatings Today. — URL: <https://coatings-today.com/solyanokislottaya-korroziya-skrubbera-s-trubkami-venturi/> (дата обращения: 01.04.2024).
12. Вострикова М.А. Анализ эффективности работы систем очистки дымовых газов морских судов от примесей при использовании абсорберов и скрубберов / М.А. Вострикова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2015. — № 4.
13. Системы, снижающие выброс вредных веществ с выхлопными газами // mirmarine.net. — URL: <https://mirmarine.net/dvs/1090-sistemy-snizhayushchie-vybros-vrednykh-veshchestv-s-vykhlopnymi-gazami> (дата обращения: 01.04.2024).
14. Скрубберы. Тяжелая ноша для судовладельцев // Судостроение. Info. — URL: <https://sudostroenie.info/novosti/24629.html> (дата обращения: 01.04.2024).

### Список литературы на английском языке / References in English

1. U.S. Code: Title 33 – navigation and navigable waters. — URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-33> (accessed: 01.04.2024).
2. Rezoljucija MSC.385(94) (prinjata 21 nojabrja 2014 goda) Mezhdunarodnyj kodeks dlja sudov, jekspluatirujushhihsja v poljarnyh vodah (Poljarnyj kodeks) [Resolution MSC.385(94) (adopted on November 21, 2014) International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code)] // GARANT. — URL: <https://base.garant.ru/71844400/#friends> (accessed: 01.04.2024). [in Russian]
3. Ballast Water Management Convention (BWMC). — URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BWMCConventionandGuidelines.aspx> (accessed: 01.04.2024).
4. Modina M.A. Sposoby snizhenija vrednyh vybrosov ot jekspluatcii jelektrostancij v zonah special'nogo jekologicheskogo kontrolja [Ways to reduce harmful emissions from the operation of power plants in areas of special environmental control] / M.A. Modina, E.V. Hekkert, A.I. Epikhin. — URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85118406893&doi=10.1088%2f1755-1315%2f872%2f1%2f012007&partnerID=40&md5=723e1bd7fef465dc1a91eb910bcbf053> (accessed: 25.12.2023). [in Russian]
5. Turkin V.A. Izvlechenie uglekislogo gaza iz vyhlopnih gazov sudovyh dvigatelej metodom adsorbicii [Extraction of carbon dioxide from exhaust gases of marine engines by adsorption method] / V.A. Turkin, Yu.V. Pismenskaya, G.V. Ignatenko // Serija konferencij IOP: Nauka o Zemle i okruzhajushhej srede [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science]. — 2021. — № 872(1). [in Russian]
6. Turkin V.A. Monitoring zagrjaznenija ot sudovyh jelektrostancij s pomoshh'ju lazernyh tehnologij [Monitoring of pollution from marine power plants using laser technologies] / V.A. Turkin, I.A. Sarychev, G.V. Ignatenko // Serija konferencij IOP: Nauka o Zemle i okruzhajushhej srede [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science]. — 2021. — № 867(1). [in Russian]
7. IMO 2020: kak snizit' uroven' sery v sudovom toplive [IMO 2020: how to reduce sulfur levels in marine fuel] // MARINEQ. — URL: <https://seacomm.ru/dokumentaciya/stati/imo-2020-kak-snizit-uroven-sery-v-sudovom-toplive/> (accessed: 01.04.2024). [in Russian]
8. Gerasidi V.V. Analiz rashoda topliva sovremennyh bystrohodnyh sudovyh dvigatelej s jelektronnym upravleniem [Fuel consumption analysis of modern high-speed marine engines with electronic control] / V.V. Gerasidi, A.V. Lisachenko // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — № 2061(1). [in Russian]
9. Pravovye aspekty ustanovki skrubberov dlja celej sobljudenija novyh trebovanij Prilozhenija VI MARPOL [Legal aspects of the installation of scrubbers for compliance with the new requirements of Annex VI of MARPOL] // Korabel.ru. — URL: [https://www.korabel.ru/news/comments/pravovye\\_aspekty\\_ustanovki\\_skrubberov\\_dlya\\_celey\\_soblyudeniya\\_novyh\\_trebovaniy\\_prilozheniya\\_vi\\_marpol.html](https://www.korabel.ru/news/comments/pravovye_aspekty_ustanovki_skrubberov_dlya_celey_soblyudeniya_novyh_trebovaniy_prilozheniya_vi_marpol.html) (accessed: 01.04.2024). [in Russian]
10. Opyt ispol'zovanija skrubberov na krupnotonnazhnyh tankerah [Experience in using scrubbers on large-capacity tankers] // Sudostroenie. Info [Shipbuilding. Info]. — URL: <https://sudostroenie.info/novosti/41140.html> (accessed: 01.04.2024). [in Russian]
11. Yusif A. Soljanokislottaja korrozija skrubbera s trubkami Venturi [Hydrochloric acid corrosion of a scrubber with Venturi pipes] / A. Yusif [et al.] // Coatings Today. — URL: <https://coatings-today.com/solyanokislottaya-korroziya-skrubbera-s-trubkami-venturi/> (accessed: 01.04.2024). [in Russian]
12. Vostrikova M.A. Analiz jeffektivnosti raboty sistem ochistki dymovyh gazov morskikh sudov ot primesej pri ispol'zovanii absorberov i skrubberov [Analysis of the efficiency of marine flue gas purification systems from impurities when using absorbers and scrubbers] / M.A. Vostrikova // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov]. — 2015. — № 4. [in Russian]
13. Sistemy, snizhajushhie vybros vrednyh veshhestv s vyhlopnymi gazami [Systems that reduce the emission of harmful substances from exhaust gases] // mirmarine.net. — URL: <https://mirmarine.net/dvs/1090-sistemy-snizhayushchie-vybros-vrednykh-veshchestv-s-vykhlopnymi-gazami> (accessed: 01.04.2024). [in Russian]
14. Skrubbery. Tjazhelaja nosha dlja sudovladel'cev [Scrubbers. A heavy burden for shipowners] // Sudostroenie. Info [Shipbuilding. Info]. — URL: <https://sudostroenie.info/novosti/24629.html> (accessed: 01.04.2024). [in Russian]