

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

№ 10 / 2025 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/vliyanie-dekarbonizaczii-morskogo-transporta-na-izmenenie-struktury-prodazh-bunkernogo-topliva-v-rotterdam/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.5

УДК 33

DOI: 10.54861/27131211_2025_10_188



ВЛИЯНИЕ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА НА ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОДАЖ БУНКЕРНОГО ТОПЛИВА В РОТТЕРДАМЕ

*Савинова А.А., аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
г. Москва, Россия*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1991-0752>

Аннотация. Целью статьи является анализ структуры продаж судового топлива в Роттердаме, выявление факторов, влияющих на увеличение емкости бункерного рынка альтернативным судовым топливом, определение доли продаж альтернативного судового топлива, био-блендированного, традиционного судового топлива в общей структуре продаж бункерного топлива в Роттердаме. Исследование основано на анализе статистических данных Морской администрации порта Роттердам за 2021–2025 гг., а также отчетов DNV и SEA-LNG, содержащих сведения о структуре бункеровочного рынка, типах судов и динамике альтернативных топлив. Использованы методы структурного анализа, сравнительного и прогнозного моделирования, что позволило выявить тенденции и закономерности трансформации рынка. Установлено, что в 2025 г. доля альтернативного судового топлива в Роттердаме достигла 4,8% от общего объема продаж, а к 2028 г. ожидается её увеличение до 10,9%. Наиболее значимый прирост обеспечивают поставки сжиженного природного газа (СПГ) и сжиженного биометана (био-СПГ), доля которых растет вследствие расширения флота двухтопливных судов компаний CMA CGM и Naraag-Lloyd. Определено, что ускоренная декарбонизация морского транспорта, подкреплённая регламентами ЕС (2018/2001, 2021/1119, 2023/1805), выступает главным драйвером изменения структуры бункеровочного рынка. Полученные результаты имеют прикладное значение для разработки стратегий энергетического перехода портов ЕС и адаптации судоходных компаний к новым требованиям ИМО и европейского законодательства. Представленные количественные оценки могут быть использованы для планирования портовой инфраструктуры, формирования прогнозов по спросу на альтернативное топливо и обоснования инвестиционных проектов в сфере бункеровки низкоуглеродными видами топлива.

Ключевые слова: бункеровка, сжиженный природный газ, альтернативное судовое топливо.



Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Савинова А.А. Влияние декарбонизации морского транспорта на изменение структуры продаж бункерного топлива в Роттердаме // Прогрессивная экономика. 2025. № 10. С. 188–209. https://doi.org/10.54861/27131211_2025_10_188.

Статья поступила в редакцию: 26.09.2025 г. Одобрена после рецензирования: 27.10.2025 г. Принята к публикации: 27.10.2025 г.

THE IMPACT OF SHIPPING DECARBONIZATION ON CHANGING BUNKER SALES STRUCTURE IN ROTTERDAM

Savinova A.A., Postgraduate Student, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1991-0752>

Abstract. The purpose of the article is to analyze the structure of marine fuel sales in Rotterdam, identify factors influencing the increase in the capacity of the bunker market for alternative marine fuel, and determine the share of sales of alternative marine fuel, bio-blended, and traditional marine fuel in the total sales structure of bunker fuel in Rotterdam. The study is based on an analysis of statistics from the Port of Rotterdam Maritime Administration for 2021–2025, as well as reports from DNV and SEA-LNG, which contain information on the structure of the bunkering market, types of vessels and the dynamics of alternative fuels. The methods of structural analysis, comparative and predictive modeling were used, which made it possible to identify trends and patterns of market transformation. It has been established that in 2025 the share of alternative marine fuel in Rotterdam reached 4.8% of total sales, and by 2028 it is expected to increase to 10.9%. The most significant increase is provided by the supply of liquefied natural gas (LNG) and liquefied biomethane (bio-LNG), the share of which is growing due to the expansion of the fleet of twin-fuel vessels of CMA CGM and Hapag-Lloyd companies. It is determined that the accelerated decarbonization of maritime transport, supported by EU regulations (2018/2001, 2021/1119, 2023/1805), is the main driver of the change in the structure of the bunkering market. The results obtained are of practical importance for the development of energy transition strategies for EU ports and the adaptation of shipping companies to the new IMO requirements and European legislation. The presented quantitative estimates can be used for planning port infrastructure, making forecasts on demand for alternative fuels and substantiating investment projects in the field of bunkering with low-carbon fuels.

Keywords: Bunkering, liquefied natural gas, alternative bunker fuels.

JEL classification: D4, F1, L11.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.



For citation: Savinova A.A. (2025). The impact of shipping decarbonization on changing bunker sales structure in Rotterdam. Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy], 10, 188–209, https://doi.org/10.54861/27131211_2025_10_188 (In Russ., abstract in Eng.)

The article was submitted to the editorial office: 26/09/2025. Approved after review: 27/10/2025. Accepted for publication: 27/10/2025.

Введение

Декарбонизация судоходства, осуществляемая в соответствии со стратегией ИМО 2023 о снижении выбросов парниковых газов, является фундаментальным фактором изменения структуры бункеровочного рынка в порту Роттердам, обусловившим создание инновационных технологий судовых двигателей и увеличение числа двухтопливных судов, участвующих в международных перевозках контейнерных грузов, углеводородного сырья, насыпных грузов в направлении Запад-Восток. На существенное увеличение доли альтернативного топлива в структуре продаж бункерного топлива окажет влияние введение краткосрочной меры создания фонда Net zero (чистый ноль) для планомерного ограничения выбросов парниковых газов, в случае принятия данного решения в октябре 2025 г. членами Комитета по защите морской окружающей среда краткосрочная.

Кроме того, поддержка правительства стран Европейского Союза на законодательном уровне проведения ускоренной декарбонизации в портах Европейского Союза путем принятия соответствующих регламентов и директив, способствует увеличению доли альтернативного судового топлива в структуре продаж бункерного топлива на рынке Роттердама. В настоящее время одним из наиболее доступных видов топлива на региональном рынке бункеровки в порту Роттердам является сжиженный природный газ, но намечена тенденция увеличения объема продаж био-СПГ и био-метанола за счет растущего спроса со стороны судоходных компаний Nippon Yusen Kaisha (био-СПГ) и Maersk (метанол, зеленым метанол). Судоходство играет существенную роль в экономической жизни стран, особенно в экономике Европейского союза, «где на морской транспорт приходится 75% внешней торговли Союза и 31% внутренней торговли. 400 миллионов пассажиров ежегодно перевозят морским транспортом в порты стран членов союза, в том числе 14 миллионов пассажиров – на круизных пассажирских судах [1].

Таким образом, осуществление морских грузоперевозок необходимых для поддержания объемов внешней торговли предполагает потребление судами бункерного топлива. Соответственно, увеличение объемов перевозок морским транспортом обуславливает увеличение объема продаж судового топлива в международных портах, что в свою очередь влияет на объемы выбросов парниковых газов с судов. В текущих условиях декарбонизации мирового судоходства проблема снижения выбросов парниковых газов в портах Европейского Союза регулируется не только правилами и



положениями Международной морской организации, но законодательством Европейского парламента и Европейского совета. Для достижения нулевых выбросов парниковых газов с судов к 2050 г. законодательные органы Европейского Союза предусматривают целенаправленный подход к внедрению альтернативных судовых топлив: низкоуглеродных, нейтрально-углеродных, в том числе из возобновляемых источников энергии и биотоплив.

Целью статьи является анализ структуры продаж судового топлива в Роттердаме, выявление факторов, влияющих на увеличение емкости бункерного рынка альтернативным судовым топливом, определение доли продаж альтернативного судового топлива, био-блендированного, традиционного судового топлива в общей структуре продаж бункерного топлива в Роттердаме.

Обзор литературы

В современной практике сценарные прогнозы по мировому потреблению судами альтернативных топлив (низкоуглеродных, нейтрально-углеродных видов судовых топлив) приведены в обзорах экспертов классификационного общества DNV (ведущее в мире классификационное общество и признанный консультант, ведущий мировой орган по сертификации для морской отрасли.), международного энергетического агентства, а именно в обзоре 2025 г. по энергетическому переходу, посвященному прогнозу в части морского судоходства до 2050 г. [2]. Перспективы развития рынков бункеровки альтернативным топливом приведены в отчетах экспертов ассоциации SEA-LNG. Членами ассоциации являются участники, вовлеченные в бункеровки СПГ топливом и продвигающие СПГ как судовое топливо. В статье The LNG Pathway: Mid-Year Market Review приводится анализ текущего этапа использования СПГ как судового топлива и предлагается дальнейший переход на сжиженный биометан и е-метан, при этом эксперты заключают, что двухтопливные двигатели, работающие на СПГ, являются наиболее оптимальными для достижения целей ИМО 2023, установленных «рамочной программой чистый ноль», так как при переходе с СПГ на нейтрально-углеродные виды альтернативного топлива такие двигатели не требуют дополнительной модификации [3].

Подходы и требования регуляторов к декарбонизации судоходства изложены в Директивах, регламентах Европейского парламента и Европейского совета, в том числе Директиве (ЕС) 2018/2001 Европейского парламента и Европейского совета от 11 декабря 2018 «О стимулировании использования энергии из возобновляемых источников» [4], а также в стратегии Международной морской организации 2023 о снижении выбросов парниковых газов с судов, актуализированной Комитетом по защите морской окружающей среды в 2025 г. [5].



Для определения факторов, влияющих на увеличение доли альтернативных судовых топлив, были изучены Регламент ЕС по морскому транспорту FuelEU (Регламент (ЕС) 2023/1805), являющийся частью законодательного пакета Европейской комиссии «Fit for 55», способствующий использованию альтернативного судового топлива (низкоуглеродного или нейтрально-углеродного) [1] и регламент (ЕС) 2021/1119, направленный на сокращение выбросов парниковых газов не менее чем на 55% по сравнению с уровнями 1990 года к 2030 году для достижения климатической нейтральности не позднее 2050 года [6].

Проблеме декарбонизации судоходства и изменениям в морском секторе в связи с переходом на альтернативное судовое топливо посвящена работа авторов Франческо Профумо, Массимо Диндрейс, Аллесандро Панаро. В работе определены общие данные по инфраструктуре СПГ, выявлено, что в 169 портах мира предусмотрена инфраструктура СПГ, включающая как терминал перевалки, так и танкер-бункеровщик [7]. Авторы обращают внимание, что целей декарбонизации можно достичь не только путем усилий судоходной индустрии, но и путем внедрения новых моделей портов, акцентирует роль портов как структуры, оказывающей услуги производства энергии, хранения и перевалки. Предлагаемая модель успешно реализована в портах бункеровки СПГ, в том числе Роттердаме, как выявлено нами в процессе исследования проектов, реализуемых совместно компаниями смежных индустрий, судоходными компаниями, администрацией портов, производителями СПГ. Авторы в работе особенно выделяют порт Роттердам среди Северо-Европейских портов в качестве «ключевого образца ответственности вызовам энергетического перехода и устойчивого развития в направлении достижения углеродной нейтральности от портовых операциях» [7, с. 96]. Авторы фокусируются преимущественно на изучении инициатив портов в области энергии, цифровизации логистической цепи и развития инфраструктуры с целью достичь климатической нейтральности к 2050 г. В исследовании не проведен анализ структуры бункеровочного рынка Роттердам, но представлены сведения, проекты, позволяющие нам определить потенциал развития бункеровочного рынка альтернативным судовым топливом в Роттердаме, автор определяет ключевых международных потребителей судового СПГ топлива, что позволяет нам в дальнейшем отслеживать конкретный опыт бункеровок в международных портах, количество судов, работающих на судовом СПГ топливе и прогнозировать продажи судового СПГ топлива на международных региональных рынках бункеровки.

Специалисты Уильям Рамсей, Эрик Фриделл, Марио Мичан в статье «Энергопереход в морском транспорте: будущие топлива и будущие выбросы» приходят к выводу, что для достижения целей декарбонизации судоходства постепенное замещение традиционного судового топлива



альтернативным является наиболее действенным способом снижения выбросов парниковых газов с судов. В своей работе специалисты исследовали виды судовых альтернативных топлив на предмет уровня выбросов парниковых газов за весь период жизненного цикла топлива от скважины до следа: судовое СПГ топливо, сжиженный углеводородный газ, метанол, биометанол, е-метанол, аммиак, водород, которые способны заменить традиционное топливо и обеспечить снижение интенсивности выбросов парниковых газов. Кроме того, специалистами приведена оценка по перспективам создания предложения альтернативного судового топлива на региональных международных бункеровочных рынках [8].

Учитывая выводы данных специалистов, в статье были определены, какие из описанных видов альтернативных судовых топлив доступны на рынке бункеровки альтернативным топливом в Роттердаме. В работах зарубежных авторов Орестис Щинас, Георгиос Оуролидис рассмотрена тема оценки влияния введенного с 2020 г. правила ИМО ограничении содержания серы в судовом топливе до 0,5% на состояние бункеровочного рынка в Роттердаме. Авторы также считают данный порт бункеровочным хабом в силу его огромной роли для торговли и туризма. По их сведениям на 2019 г., в регионе портов АРА (Амстердам-Роттердам-Антверп) ежегодный судозаход составляет около 50 000 единиц, контейнероборот составляет около 25 миллионов двадцати футовых эквивалентных единиц (TEU) и число захода круизных судов составляет около 200 единиц. Помимо данных фактов подтверждения значимости портов региона АРА, авторы определяют, что Роттердам, по объемам продаж бункерного топлива на 2019 г., занимает второе место, на порты региона АРА приходится 8% от глобального спроса на бункерное топливо. Авторами изучен механизм выбора конечными потребителями бункеровочного порта. Выбор порта определяется по ряду критериев, среди которых цена, качество топлива, расположение порта и уровень бункеровочного обслуживания. Исследователи также отмечают, что введение регуляторами новых требований по ограничению выбросов влияет на структуру рынка. С момента введения ИМО правила по ограничению содержания серы в топливе спрос на тяжелый мазут снизился на 60%, спрос на судовой газойль увеличился в два раза, а спрос на малосернистый мазут с серой до 0,1% составил 25% от нового рынка [9].

Аналитиками международного энергетического агентства установлено, что морской транспорт подлежит декарбонизации. Эксперты энергетической компании «БиПи» в обзоре «БиПи Энерджи» выпуск 2023 полагают, что для декарбонизации морского сектора потребуется постепенный перевод флота на новые виды топлива, среди которых наиболее обоснованными являются топлива, получаемые из водорода, а именно аммиак и метанол, поддерживаемые растущей ролью биотоплив и природного газа [10, с. 111]. В настоящее время мировой флот заправляют преимущественно

традиционными видами судовых топлив, так как переход на низкоуглеродные виды судовых топлив требует от поставщиков сформировать предложения, отвечающие спросу на международных региональных рынках бункеровки, а от потребителей – создать спрос, то есть перевести существующие суда на потребление низкоуглеродных топлив и вводить в эксплуатацию новые суда, работающие на данном топливе.

Целями стратегии 2023 международной морской организации (далее ИМО) по снижению выбросов парниковых газов с судов является снижение выбросов CO₂ на 40% к 2030 г. относительно 2008 г., использование технологий, видов топлива и/или источников энергии с нулевым или почти нулевым уровнем выбросов парниковых газов в доле не менее 5%, стремится к 10%, от всей энергии, используемой международным судоходством к 2030 г., снижение выбросов парниковых газов до 0% к 2050 г. относительно уровня 2008 г. [5].

Данная стратегия ИМО в секторе морского транспорта продолжает первоначальную стратегию ИМО, принятую в 2018 г. о сокращении выбросов парниковых газов с судов [11] и коррелирует с целями Парижского соглашения по изменению климата, заключающимися в удержании роста глобальной средней температуры «намного ниже» 2°C и приложении усилий для ограничения роста температуры величиной 1,5°C.

В статье Т. Нельсон Томпсон приводит причины, обуславливающие переход судоходства от ископаемых топлив на нейтрально углеродные, к которым относится факт существенного потребления морским транспортом ископаемого топлива, образующего выбросы парниковых газов, двуокиси углерода и других, загрязняющих воздух частиц. Ссылаясь на статистику ИМО 2021-2020 гг., автор оценивает потребление судоходством ископаемого бункерного топлива в количестве 330 млн т в год и объем выбросов, приходящихся на морской транспорт от такого потребления, 3% от всех глобальных выбросов CO₂ [12]. Таким образом, по мнению исследователя, если ситуацию оставить без контроля, то к 2050 г. выбросы от судоходства, с учетом роста объемов международной торговли, увеличатся до 17%. Т. Нельсон Томпсон устанавливает, что морским транспортом осуществляется 80% всей глобальной торговли, в морских перевозках преимущественно задействованы крупнотоннажные балкеры, танкеры, контейнеровозы, на которые приходится 70% спроса бункерного топлива.

Данный вывод позволил нам предположить, что суда данного сегмента будут потенциальными потребителями альтернативного топлива. Кроме того, Т. Нельсон Томпсон акцентирует, что 70% судового топлива, используемого судами, необходимо будет или видоизменить, или заместить для достижения нулевых выбросов к 2050 г, что в кратчайший срок реализовать невозможно, так как требуется обеспечить предложение данного топлива на рынке бункеровки. Планомерный переход на нейтрально-углеродное судовое



топливо Т. Нельсон Томпсон предлагает начать с использования биотоплива, для использования которого требуются лишь незначительные модификации существующих двигателей. Таким образом, в статье автор предлагает использовать коммерчески доступное биотопливо - топливо, образуемое из бимассы, используемой в качестве сырья при производстве топлива из спиртов: этанола, метанола, сжиженного био-газа или биодизеля для снижения выбросов парниковых газов.

По результатам литературного обзора нами было определено, что Роттердам, будучи популярным портом назначения импортируемых грузов, в том числе контейнерных, нефтеналивных грузов, сжиженного природного газа и китайских автомобилей, по торговому морскому направлению Запад-Восток, маршруту с интенсивным движением судов-контейнеровозов, нефтеналивных танкеров, балкеров и судов – автомобилевозов является одним из конкурентоспособных рынков бункеровки, бункеровочным хабом в Северо-западном регионе европейского континента.

Порт Роттердам, являясь одним из самых крупных и продвинутых портов в Европе, по данным 2014 г., занимает пятое место среди крупнейших портов в мире. Установлено, что вследствие фундаментально разработанной Европейским Парламентом и Советом Европейского Союза законодательной базы, а именно Директив, Регламентов, регулирующих вопросы стимулирования использования возобновляемых и низкоуглеродных видов топлива на морском транспорте, сокращения выбросов парниковых газов для усиления обязательств Европейского Союза в рамках Парижского Соглашения, принятого в соответствии с Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата, с 2000 г. в порту Роттердам формируется рынок бункеровки судов сжиженным природным газом, с последующим появлением на рынке предложений иных видов альтернативного судового топлива как био-СПГ, метанол, биометанол. При этом на бункерном рынке поддерживается спрос на био- блендированные судовые топлива на основе нефтепродуктов.

Зарубежными исследователями Хайлинг Лиу, Кейли Джу, Сяочжо Вэй, Чэньцзю Чжан, Цзянха Чжоу изучен вопрос влияния введения углеродного налога на судовладельцев, утверждающих, что обе схемы налогообложения - фиксированная и прогрессивная увеличат переменные расходы судовладельцев. Авторы в качестве способа снижения выбросов углерода предлагают вариант оптимизации скорости судна, подтвердивший снижение выбросов на 10,12% и получения экономии в затратах на 8,8%, и вариант оптимизации маршрута. В работе приведены способы вычисления объемов выбросов, экономического эффекта при разных схемах углеродного налогообложения, имеющих практическое применение для судовладельцев в целях сокращения операционных затрат и поддержания конкурентоспособности морской транспортировки [13].



С 2013 г. в структуре продаж бункерного топлива на рынке Роттердам постепенно снижаются объемы продаж HFO (мазута с высоким содержанием серы) за счет перевода судов на снижение скорости в целях снижения энергоемкости морского транспорта и минимизации причин изменения климата, как предусмотрено в резолюции конференции от 1997 г. выбросы углекислого газа с судов [14].

Исследователями не изучен аспект изменения структуры продаж бункерного топлива в Роттердаме в условиях влияния стратегии 2023 ИМО о сокращении выбросов парниковых газов, не оценены темпы продаж замещающего топлива, которым становится альтернативное судовое топливо (низкоуглеродные и нейтрально-углеродные виды топлива): СПГ, метанол, биометанол, био-СПГ и био-блендированные судовые топлива.

Таким образом, нами были сделаны предположения, что в порту Роттердам рынок бункеровок судовым СПГ топливом и другими видами альтернативного судового топлива находится на этапе роста: налажена цепочка поставок данных топлив, бункеровочная инфраструктура, которую в дальнейшем можно адаптировать под бункеровки более низко-углеродными и нейтрально-углеродными видами судового топлива, как биометанол, «зеленый метанол», био-СПГ, биотопливо. Вклад автора статьи состоит в установлении степени влияния декарбонизации морского транспорта на изменение структуры рынка бункеровки в порту Роттердам, в выявлении видов альтернативного судового топлива, доступных на рынке бункеровок в Роттердаме, доли альтернативного топлива в структуре продаж бункерного топлива, и определении факторов, влияющих на увеличение емкости рынка бункеровки судовым СПГ топливом и другими видами альтернативного топлива.

Материалы и методы

Исследование планируется осуществить с использованием исторических данных об объемах продаж судового топлива в п. Роттердам, размещенных на сайте морской администрации порта Роттердам за период 2021–2025 гг. [15], также данных исследования DNV, ведущего в мире классификационного общества и признанного консультанта для морской отрасли, содержащих информацию о состоянии бункеровочной инфраструктуры СПГ в мире, в том числе количестве специализированных танкеров-бункеровщиков и судов, работающих на низкоуглеродных видах судовых топлив.

Результаты и обсуждения

По объемам продаж бункерного топлива Роттердам занимает третье место, после Сингапура и Фуджейры, является самым крупнейшим бункеровочным портом Европы. За период с 2021 по 2025 годы годовой объем продаж судового топлива из нефти и природного газа сохраняется в среднем на уровне около 9 378 783 тонн. С учетом продаж био-блендированного



судового топлива в количестве в среднем 632 553 т в год суммарный среднегодовой объем продаж бункерного топлива составил около 10 011 336 т топлива.

Пик продаж бункерного топлива в порту Роттердам приходится на 2022 год, далее, согласно рисунку 1, отмечается незначительное снижение на 6,7% с последующим сохранением практически одинакового уровня продаж до 2025 года. Также из рисунка 1 видно, что на рынке бункеровки в Роттердаме представлена диверсифицированная корзина судового топлива, включающая ископаемое топливо из нефти и газа и бленды в компоненте с биотопливом, то есть традиционное, био-блендированное и альтернативное топливо. Основной объем продаж на протяжении 5 лет приходится на традиционное топливо: VLSFO 0,5% и HSFO 3,5%, отмечается увеличение объемов продаж био-блендированного и альтернативного топлива на фоне развития рынка бункеровки низкоуглеродным судовым топливом.

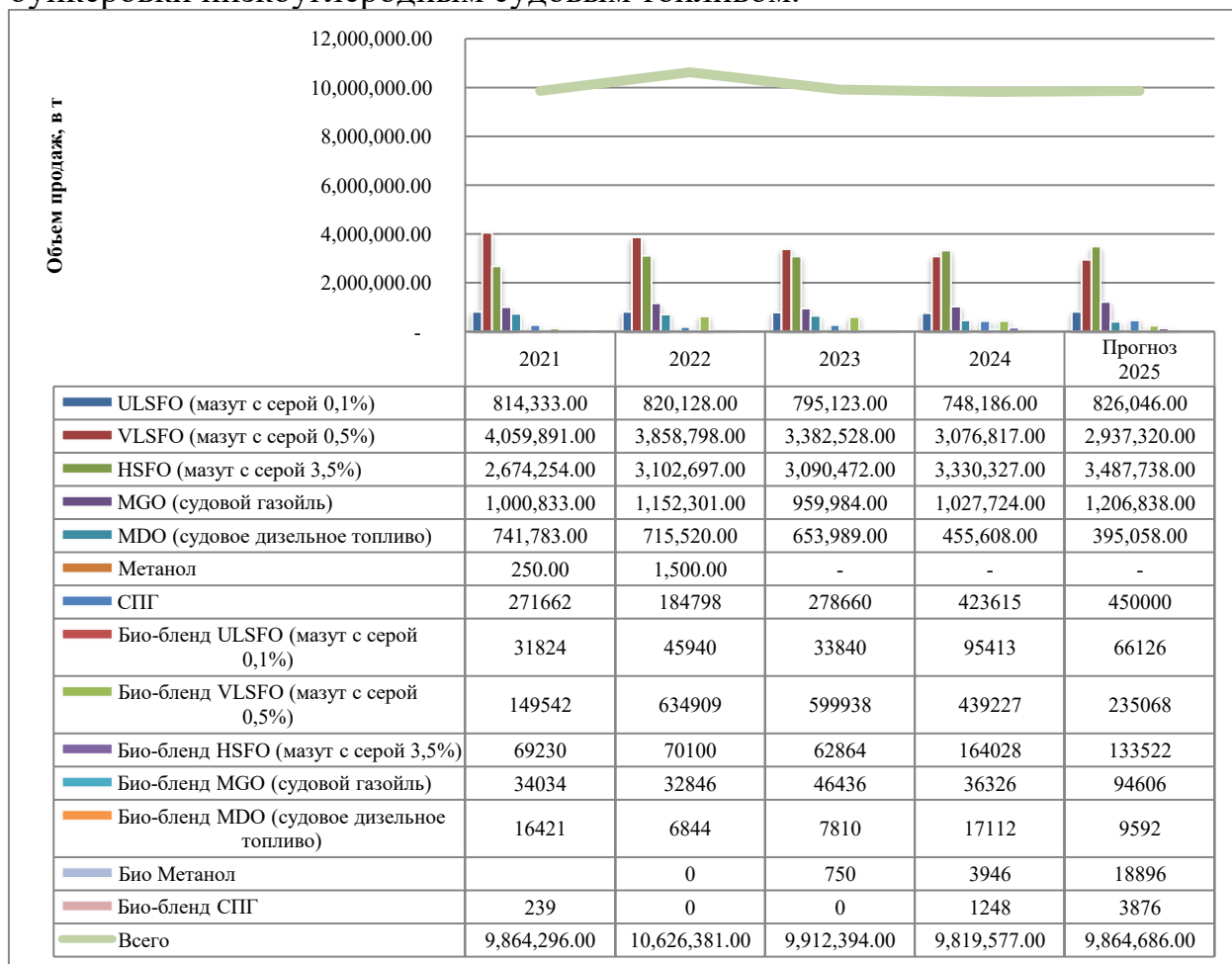


Рис. 1. Объем продаж судового топлива в Роттердаме

Источник: составлено автором по данным [15]

Fig. 1. Bunker Sales in Rotterdam

Source: compiled by the author based on [15]



В Европейских портах рынок бункеровок СПГ получил развитие с начала 2000 годов, этому способствовали следующие причины:

- принятие в 1997 г. Международной морской организацией (ИМО) резолюции конференции «Выбросы CO₂ с судов». Рамочной Конвенцией Объединенных наций по изменению климата (UNFCCC) заключается, что выбросы CO₂, являясь парниковыми газами, оказывают губительное воздействие на экологию, а также установлено, что эти газы, образующиеся от международного судоходства и авиации, вносят вклад в глобальный объем выбросов. По итогам данных выводов, ИМО принят Протокол 1997 года о внесении поправок в Международную конвенцию по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененную Протоколом 1978 года к ней (Протокол 1997 года). Страны-участники были призваны к проведению исследований по выбросам CO₂ и определению стратегий по снижению выбросов CO₂ и прочих загрязнителей атмосферы и моря, особенно NO_x, поскольку выбросы NO_x могут иметь обратную зависимость от снижения выбросов CO.

- включение Балтийского моря с 19.05.2006 г. в зону SECA (Sulphur Emissions Control Areas). Район, где установлены строгие ограничения на содержание серы в топливе, используемом судами, для снижения загрязнения морской среды. Дальнейшее расширение зоны: отнесение Средиземного моря с 1 мая 2025 г к данной зоне.

- включение Балтийского моря и Северного моря к зоне ECA, то есть районам контроля выбросов от судоходства Emission control areas (оксидов серы, азота, взвешенных частиц, в том числе сажи, копоти и дыма). Планирование расширения районов путем отнесения к данной зоне акватории вдоль берегов Канады и Норвегии.

- последовательное регулирование Европейским парламентом и Советом Европейского Союза вопросов снижения выбросов парниковых газов, углеродной интенсивности, стимулирования использования низкоуглеродных и нейтрально-углеродных судовых топлив для усиления обязательств Европейского Союза по борьбе с изменением климата в соответствии с Парижским соглашением, принятым согласно Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата («Парижское соглашение») следующими регламентами и директивами:

- директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2018/2001 (ЕС) от 11 декабря 2018 г о стимулировании использования энергии из возобновляемых источников (Страсбург, 11 декабря 2018 г), предусматривающая в частях А и В Приложения IX к Директиве (ЕС) 2018/2001, перечень сырья, из которого разрешено производить морское судовое топливо - биотопливо, в том числе из отработанного растительного масла и кулинарных жиров. Данное топливо должно соответствовать установленным требованиям и обеспечить увеличение доли низкоуглеродных



и нейтрально-углеродных топлив в линейке судовых топлив, относится к устойчивому топливу, так как имеет коммерчески зрелые технологии производства и будет доступно уже в краткосрочной перспективе для декарбонизации морского транспорта [2].

– разработка Регламента (ЕС) 2021/1119, направленного на сокращение выбросов парниковых газов не менее чем на 55% по сравнению с уровнями 1990 года к 2030 году для достижения климатической нейтральности не позднее 2050 года.

– принятие Регламента, сфокусированного именно на декарбонизации морского транспорта: регламент (ЕС) 2023/1805 Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 13 сентября 2023 года «Об использовании возобновляемых и низкоуглеродных видов топлива на морском транспорте и внесении изменений в Директиву 2009/16/ЕС», устанавливающим показатели снижения среднегодовой интенсивности выбросов парниковых газов от энергии, используемой на борту судна свыше 5000 валовой регистровой вместимости, заходящего в Европейские порты, независимо от флага в течение отчетного периода, а именно предельные значения, которые рассчитывается путем уменьшения контрольного значения 91,16 грамма эквивалента CO₂ / МДж на следующие величины: 2% с 1 января 2025 года; 6% с 1 января 2030 года; 14,5% с 1 января 2035 года; 31% с 1 января 2040 года; 62% с 1 января 2045 года; 80% с 1 января 2050 года. Значения определяются за весь жизненный цикл топлива, используемого на борту, на базисе от скважины до следа. WtW. «Интенсивность выбросов парниковых газов от энергии, используемой на борту» означает количество выбросов парниковых газов, выраженное в граммах эквивалента CO₂, установленное на основе принципа «от скважины до следа», за МДж энергии, используемой на борту», – как определено в п.19, ст. 3 Регламента [1].

– вступление в силу с 1 января 2025 г. законодательства FuelEU Maritime: Регламента ЕС 2023\1805 по морскому транспорту FuelEU, являющегося частью законодательного пакета Европейской комиссии “Fit for 55”.

Регламенты ЕС, принимаемые с 2018 года по вопросу сокращения парниковых газов, особенно в отношении декарбонизации морского транспорта, способствуют проведению ускоренной декарбонизации, которая в свою очередь предполагает увеличение доли биотоплив, альтернативного топлива (возобновляемых и низко-углеродных судовых топлив) в топливном миксе международного морского транспорта в пределах Европейского Союза.

На рынке бункеровочного топлива в Роттердаме наряду с судовым топливом, произведенным из сырья нефти и природного газа, к реализации доступно судовое топливо, произведенное методом блендирования (смешения) традиционных топлив из нефти и газа с биотопливом в соотношениях, обеспечивающих наибольший экологический эффект. Данные

топлива, в том числе биометанол, относятся к био-блендированным видам топлива, при этом биотопливо, согласно определению в Директиве (EU) 2018/2001 Европейского Парламента и Совета Европейского Союза от 11.12.2018 «О стимулировании использования топлива из возобновляемых источников энергии» означает жидкое топливо для транспорта, произведенное из биомассы [4].

Таким образом, в период с 2021 по 2025 годы в структуре продаж бункерного топлива в Роттердаме, как показано на рисунке 2, постепенно увеличивается доля продаж альтернативного (низко-углеродного) топлива с 2,8% в 2021 г. до 4,8%, прогнозируемых в 2025 г. Пик био-блендированного топлива в компоненте с нефтепродуктами, в объеме 7,7% приходится на 2024 г, при этом в 2025 г. прогнозируется снижение объема био-блендированных судовых топлив до 5,5% за счет сокращения потребления био-блендированных топлив на основе мазутов, замещаемых био-блендами на основе метанола и сжиженного биометана.

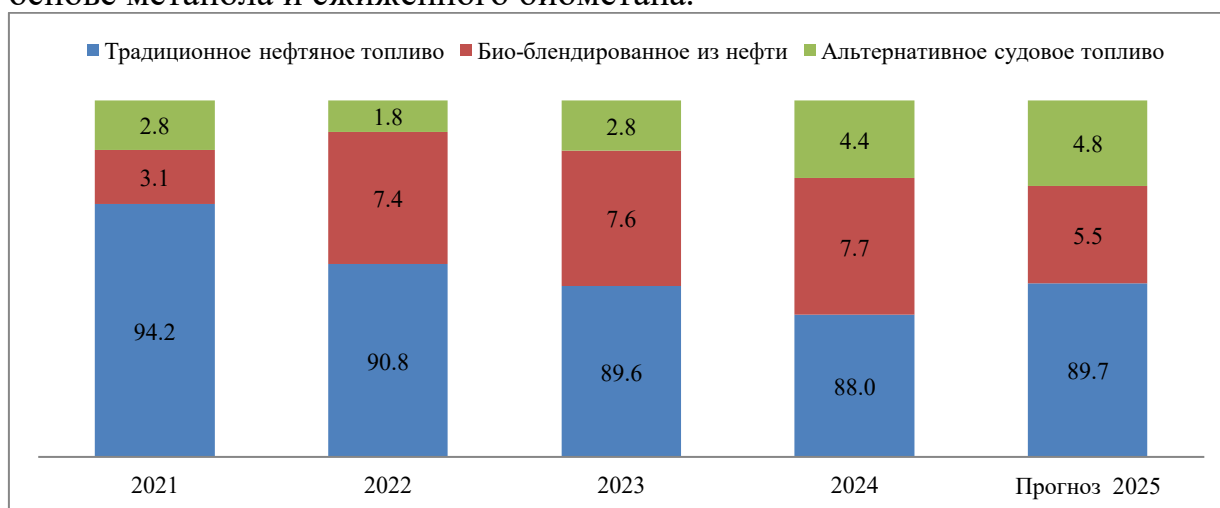


Рис. 2. Структура продаж судового топлива в Роттердаме

Источник: составлено автором по данным источника [15]

Fig. 2. Structure of Bunker Sales in Rotterdam

Source: compiled by the author based on [15]

Порты Европейского Союза, в том числе Роттердам, являются подготовленными к предложению альтернативных судовых топлив, так как создание рынка судового СПГ топлива начато с 2000 г. К настоящему времени рынок бункеровки судовым СПГ топливом сформирован, характеризуется устойчивым предложением и растущим спросом на судовое СПГ топливо, биометанол и био СПГ.

Пунктом 22 Регламента (ЕС) 2023/1805 Европейского Парламента и Совета Европейского Союза от 13 сентября 2023 «Об использовании возобновляемых и низкоуглеродных топлив в морском транспорте и изменении Директивы 2009/16/ЕС»: «хотя такие инструменты, как

ценообразование на выбросы углерода или целевые показатели углеродоемкости деятельности способствуют повышению энергоэффективности, они не способны обеспечить значительный переход к возобновляемым и низкоуглеродным видам топлива в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Поэтому необходим специальный подход к регулированию, ориентированный на внедрение возобновляемых и низкоуглеродных видов морского топлива и альтернативных источников энергии, таких как энергия ветра или электричества. Следовательно, следует содействовать разработке и внедрению возобновляемых и низкоуглеродных видов топлива с высоким потенциалом устойчивости, коммерческой зрелости и высоким потенциалом инноваций и роста для удовлетворения будущих потребностей. Это будет способствовать созданию инновационных и конкурентоспособных рынков топлива и обеспечит достаточное предложение устойчивого морского топлива в краткосрочной и долгосрочной перспективе, для достижения целей Союза по декарбонизации транспорта [1].

Рекордные объемы реализации судового СПГ топлива, согласно статистике по объемам продаж бункерного топлива Морской администрации порта Роттердам [15], были достигнуты в 2024 году по причине увеличения количества новых двухтопливных судов, вводимых в эксплуатацию вследствие проведения декарбонизации морского транспорта. Как следует из рисунка 3, в 2024 г. объемы продаж судового СПГ топлива увеличились на 52%., составив 0,424 млн т против 0,278 млн т, проданных в 2023г.

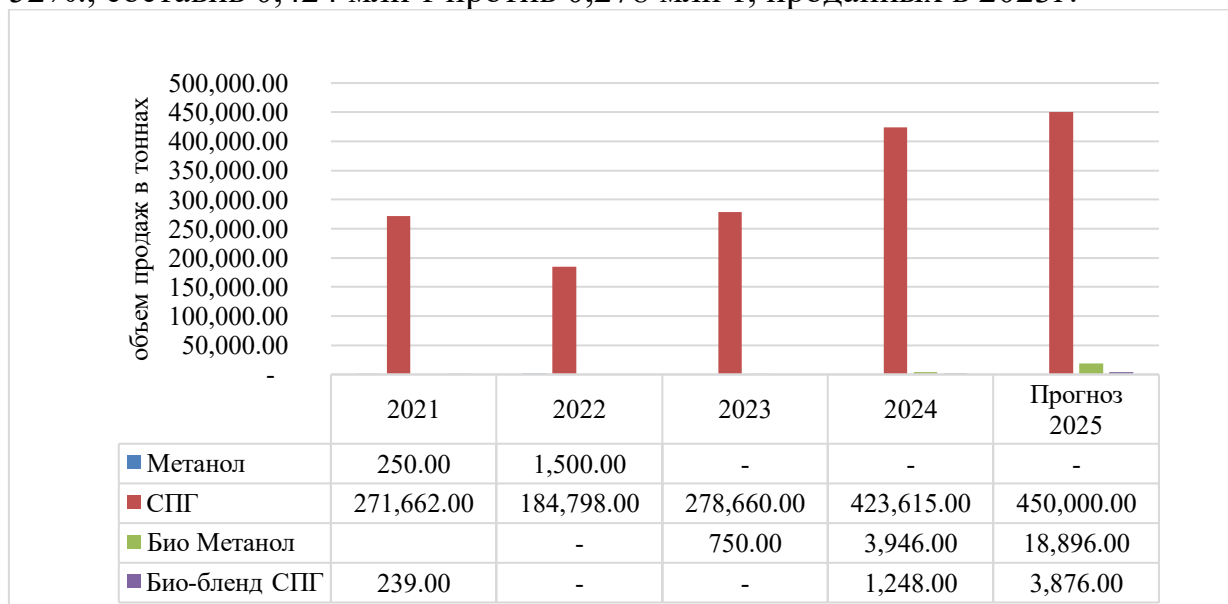


Рис. 3. Альтернативное судовое топливо на бункеровочном рынке в Роттердаме

Источник: составлено автором по данным источника [15]

Fig. 3. Alternative Fuel on Bunkering Market in Rotterdam

Source: compiled by the author based on [15]

В структуре продаж альтернативного топлива с 2021 г. представлены метанол, био-метанол, СПГ, сжиженный биометан (био-бленд СПГ), среди которых доминирует СПГ. На рост продаж судового СПГ топлива влияет увеличение количества судов, работающих на судовом СПГ топливе. По данным статистики DNV на 2025 г., из общего количества судов в мире 120 936 единиц, находящихся в эксплуатации, 2851 – это суда, работающие на альтернативном топливе. Из которых на судовом СПГ топливе работает больше половины судов, а именно 1539 единиц и 70 судов – на метаноле. К тому же, из всех 7329 судов находящихся на заказах 1941 единиц – двухтопливные суда, из которых практически половина, 966 единиц – суда, работающие на СПГ, 336 – суда, работающие на метаноле, 38 единиц – суда, работающие на аммиаке, 33 единиц – на водороде, 440 единиц – суда, работающие на батареях/гибриды [2].

Из чего следует, что 2,4% от общего количества судов или 8,9% от суммарного судового тоннажа, находящегося в эксплуатации, – это суда, заправляемые альтернативным топливом (топливом, произведенным не из нефти) для использования которых в судовых машинных системах произведены изменения), при этом 7,8% из данного тоннажа – это суда, работающие на судовом СПГ топливе 26,5% от судов на заказах или 51,1% от суммарного судового тоннажа – это суда, работающие на альтернативном топливе, из которых половина, 36,8% от данного тоннажа – суда, работающие на судовом СПГ топливе.

Таким образом, если для функционирования 1539 судов, работающих на судовом СПГ топливе, объем продаж судового СПГ топлива на бункеровочном рынке в Роттердаме составляет около 0,5 млн т судового СПГ топлива, то для судового тоннажа, ожидаемого к 2028 г. в количестве 2505 судов, прогнозный объем продаж судового СПГ топлива составит около 1 млн тонн или 10% в структуре продаж судового топлива в Роттердаме.

Таким образом, увеличение в мире количества двухтопливных судов в эксплуатации и судов на заказах является показателем, что участники мировой судоходной индустрии переводят суда на потребление низкоуглеродных и нейтрально-углеродных судовых топлив, при этом судовое СПГ топливо является доминирующим, самым востребованным среди альтернативных судовых топлив.

Учитывая обстоятельства, что средний срок эксплуатации судов составляет от 25 лет и количество судов, работающих на СПГ, превалирует, составляя 7,8% от общего объема тоннажа судов в мировой эксплуатации и 36,8% от общего судового тоннажа на заказах [2], приходим к выводу, что среди видов альтернативного судового топлива на судовое СПГ топливо складывается устойчивая тенденция роста спроса. Данное топливо востребовано для заправки крупнотоннажных судов, преимущественно

контейнеровозов (359 работающих судов и 171 судна на заказах), 106 автомобилевозов на заказах, 90 танкеров и 16 балкеров [2].

Ключевыми покупателями судового СПГ топлива являются французская судоходная компания CMA CGM и немецкая судоходная компания Narag-Lloyd, приобретающие СПГ топливо для заправки крупнотоннажных контейнеровозов, осуществляющих перевозки контейнерных грузов между 600 портами по всему миру. Судоходная компания CMA CGM заинтересована в гарантированном наличии судового СПГ топлива и бункеровочной инфраструктуры в портах захода ее судов контейнеровозов, включая порты США, Китая, Европы. Доступность судового СПГ топлива в объемах растущего спроса на рынке в порту Роттердам обеспечивается за счет планируемого развития решений по поставкам судового СПГ топлива, реализуемых в рамках сотрудничества французской энергетической компании Total Energies и французской судоходной компании CMA CGM по созданию совместного логистического предприятия в данном порту, предназначенного для выполнения бункеровок СПГ, обеспечения предложения данного топлива для конечных потребителей.

Подписанное соглашение между немецкой линейной судоходной компанией Narag-Lloyd и компанией Shell Western LNG (Shell) о поставках сжиженного биометана для бункеровок контейнеровозов Narag-Lloyd, работающих на СПГ, обуславливает увеличение продаж на бункеровочном рынке Роттердама био-СПГ. Сжиженный биометан является продуктом переработки биосырья (остатки урожая, навоз и пищевые отходы), вспомогательное топливо, разработанное для смешивания или прямой замены нефтяного топлива. В 2025 г намечается прирост объема продаж био-СПГ в 3 раза относительно 2024 г. благодаря развитию совместного проекта между Narag-Lloyd и компанией Shell Western LNG (Shell), обеспечившему доступность судового топлива сжиженного биометана в 22 портах международной сети СПГ-бункеровок

Таким образом, наряду с прогнозным ростом в 2025 г. объемов продаж судового СПГ топлива на 7% г. и био-СПГ на 210% за счет проектов покупателя Narag-Lloyd, увеличиваются темпы роста объемов продаж биометанола. Как следует из рисунка 3, топливо метанол, проданное в 2021-2022 г в общем количестве 1750 т, с 2023 г. замещено топливом биометанол, при этом объем продаж в период с 2023 по 2025 годы останется пока незначительным около 20 000 т, но прирост в 2025 г. составляет 378% относительно 2024 года.

Растущий спрос на метанол, биометанол формируется за счет запросов датской судоходной компании A.P. Moller-Maersk, осуществляющей один из видов деятельности в морских контейнерных перевозках. Данное топливо используется судами-контейнеровозами с двухтопливными двигателями MAN ES, работающими на метаноле. В период с 2024 г. по 2025 г. судоходной



компаниям переданы 18 крупнотоннажных контейнеровозов первой серии, вместимостью 16,2 TEU, работающих на топливе метанол. Также в 2025 году запланирована передача 6 судов контейнеровозов аналогичного класса вместимостью 17,5 тыс. TEU, работающих на метаноле. Подобные контейнеровозы используются преимущественно на азиатско-европейском маршруте, что обеспечивает устойчивый рост продаж био-метанола в порту Роттердам.

Принимая во внимание статистику судов, работающих на метаноле, можно сказать, что данный сегмент только начинает развиваться: к 70 судам, введенным в эксплуатацию в настоящее время, к 2028 году прибавятся 336 судов, работающих на метаноле, что повлечет увеличение потребления данного судового топлива в 4,8 раз относительно настоящего времени, прогнозный объем продаж составит около 0,1 млн тонн к 2028 году.

В целом оставшаяся часть судов в мире 97,4%, имеющая судовые энергетические установки, не модернизированные под прием альтернативных видов судового топлива, работает на традиционном топливе, производимом из нефтепродуктов, или био-блендированном судовом топливе.

Таким образом, Законодательная база Европейского союза в части снижения выбросов парниковых газов с судов, реализуемая в соответствии с требованиями Международной Морской Организации, обуславливает использование судами судового СПГ топлива с дальнейшим переводом судов на другие виды альтернативного топлива, в том числе био-бленды с альтернативным топливом.

Таким образом, судоходные компании, увеличивающие число двухтопливных судов в составе эксплуатируемого флота, развивают прямое сотрудничество с нефтегазовыми компаниями, администрацией порта Роттердам, что способствует гарантированному наличию предложения альтернативного топлива, расширению линейки видов альтернативного топлива с учетом прогнозного запроса на иные виды альтернативных топлив аммиак, водород в зависимости от количества эксплуатируемых и заказанных двухтопливных судов, а также обуславливает устойчивое развитие бункеровки СПГ в основных мировых портах бункеровки, являющихся крупными бункеровочными рынками.

Планомерное увеличение количества крупнотоннажных двухтопливных судов, работающих на альтернативном топливе, вызванное проведением декарбонизации морского транспорта, обуславливает изменение структуры бункерного рынка в Роттердаме: снижение объема продаж традиционного судового за счет замещения объемами биотоплива и альтернативного топлива.

Таким образом, детально разработанная законодательная база Европейского Парламента и Совета Европейского Союза, учитывающая требования резолюций Стратегии ИМО по снижению выбросов парниковых газов с судов Комитета по защите морской окружающей среды, политическое

регулирование Европейского Союза для достижения нулевых выбросов парниковых газов с судов, стимулируют устойчивое производство альтернативных судовых топлив, в том числе судового СПГ топлива, метанола, биометанола, био-СПГ, внедрение соответствующей бункеровочной инфраструктуры, строительство новых двухтопливных судов, что, в конечном итоге, привело к созданию в Роттердаме рынка бункеровки альтернативным судовым топливом (низкоуглеродными и нейтрально-углеродными видами судового топлива).

Заключение

В процессе исследования автором было выявлено, что в порту Роттердам, во исполнение положений стратегии Международной морской организации по сокращению выбросов парниковых газов, осуществляется ускоренная декарбонизация морского транспорта, поддерживаемая детально разработанной законодательной базой Европейского парламента и Совета Европейского Союза, а именно тремя директивами, регламентами, регулирующими вопросы стимулирования использования энергии из возобновляемых источников (2018 г.), сокращения выбросов парниковых газов не менее чем на 55% к 2030 г. (2021), использования возобновляемых и низкоуглеродных видов топлива на морском транспорте (2023 г.).

В результате ускоренной декарбонизации судоходства в Роттердаме сформирован рынок бункеровки альтернативным судовым топливом, на котором создано устойчивое предложение судового СПГ топлива, биометанола, появляется спрос на сжиженный биометан (био-СПГ). В структуре продаж альтернативного топлива доминирует судовое СПГ топливо, в 2025 г. прогнозный объем продаж достигнет 0,450 млн тонн, а к 2028 г. вследствие увеличения количества судов, работающих на СПГ на 63%, продажи судового СПГ топлива установятся на уровне 1 млн тонн. Кроме того, обнаружено, что суда, работающие на СПГ, способны переходить на потребление сжиженного биометана (био-СПГ) без дополнительных модификаций двигателей для достижения улучшенных показателей сокращения выбросов парниковых газов. Такой переход станет актуальным к 2028 г., особенно в случае принятия ИМО в 2025 г. среднесрочных мер, устанавливающих механизм покупки корректирующих единиц за дефицит соответствия целям сокращения выбросов парниковых газов. Таким образом, определена тенденция увеличения объемов продаж био-СПГ. Выявлен перспективней рост объемов продаж биометанола за счет увеличения количества судов, работающих на метаноле на 480%, до 0,1 млн тонн.

Таким образом, в статье установлено, что ускоренная декарбонизация морского транспорта является фундаментальным фактором изменения структуры продаж бункерного топлива в Роттердаме, в 2025 г. ожидается, что доля продаж альтернативного судового топлива составит 4,8%, прогнозный объем продаж бункерного топлива на рынке бункеровки традиционным

бункерным топливом и био-блендированным в компоненте с нефтепродуктами -95,2% . Введение к 2028 г. в эксплуатацию новых двутопливных судов, работающих на СПГ, метаноле, аммиаке, водороде, на фоне усиления мер ИМО, обусловит увеличение емкости рынка бункеровки альтернативным судовым топливом (низкоуглеродным и нейтрально-углеродным) в Роттердаме минимум в 2 раза относительно текущих продаж и увеличение доли продаж альтернативного судового топлива до 10,9% в структуре продаж бункерного топлива в Роттердаме при сохранении общего объема продаж бункерного топлива на текущем уровне, то есть рост продаж альтернативного топлива не увеличит общий объем продаж бункерного топлива, а заместит в выявленной доле продажи традиционного топлива для достижения нулевых выбросов с судов к 2050 г.

Литература

1. Regulation (EU) 2023/1805 Of The European Parliament and of The Council of 13 September 2023 On the Use of Renewable and Low-Carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC [Электронный ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1805> (дата обращения: 11.09.2025).
2. Energy Transition Outlook 2025.Maritime Forecast to 2050 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dnv.com/maritime/maritime-forecast/> (дата обращения: 13.09.2025).
3. The LNG Pathway: Mid-Year Market Review 2050 [Электронный ресурс]. URL: <https://sea-lng.org/reports/the-lng-pathway-mid-year-market-review/> (дата обращения: 14.09.2025).
4. Directive (EU) 2018/2001 of The European Parliament and of The Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources [Электронный ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj/eng> (дата обращения: 16.09.2025).
5. 2023 IMO Strategy On Reduction of GHG Emissions from Ships [Электронный ресурс]. URL:[https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Document s/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Document%20s/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf) (дата обращения: 16.09.2025).
6. Regulation (EU) 2021/1119 Of The European Parliament And Of The Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law) [Электронный ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119&from=EN> (дата обращения: 18.09.2025).
7. Profumo F., Deandreis M., Panaro Future A. Prospect for Alternative Fuels in the Marime Sector // Wellbeing, Values and Lifestyles Toward a New Development Paradigm. Springer, 2025. P. 89–99.



8. William Ramsay, Erik Fridell, Mario Michan. Maritime Energy Transition: Future Fuels and Future Emissions // Journal of Marine Science and Application (2023) 22:681-692 <https://doi.org/10.1007/s11804-023-00369-z>
9. Orestis Schinas, Georgios Oulolidis Assessing the impact of sulphur cap on bunkering spot selection in the ARA region // WMU Journal of Maritime Affairs. 2022. Vol. 21. P. 25–58.
10. The carbon intensity of the marine sector is gradually reduced, led by the increasing use of hydrogen-derived fuels // Bp Energy Outlook 2023 Edition. BP Statistical Review of World Energy, London, United Kingdom, 2023 P. 109–111.
11. Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships Resolution Мерс. [Электронный ресурс]. URL:
12. https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304%2872%29_E.pdf (дата обращения: 21.09.2025).
13. Thomson T.N. The market for biofuels: sustainable prospects for international shipping and the advances of the port of Rotterdam // Maritime Economics & Logistics. 2023. Vol. 25. P. 196–209. <https://doi.org/10.1057/s41278-022-00250-w>
14. Hailing Liu, Keyi Ju, Xiaozhuo Wei, Chenjun Zhang, Jianghang Zhou Shipowners' responses to carbon tax: speed optimization using AIS data // Clean Technologies and Environmental Policy. 2025. <https://doi.org/10.1007/s10098-025-03313-7>
15. Conference Resolution & CO₂ Emissions from Ships MP/Conf.3/35 Annex. 96 p. [Электронный ресурс]. URL:
16. <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/PressBriefings/Documents/MP%20CONF.3%2035%20Resolution%208%201997%20CO2.pdf> (дата обращения: 23.09.2025).
17. Bunker Sales 2021-2025 Rotterdam [Электронный ресурс]. URL: <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/maritime-shipping-bunkered-slightly-less-fuel-rotterdam-2024-demand-Ing> (дата обращения: 25.09.2025).

References

1. Regulation (EU) 2023/1805 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. [Electronic resource]. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1805> (accessed 11.09.2025). (In Eng.)
2. Energy Transition Outlook 2025. Maritime Forecast to 2050. [Electronic resource]. Available at: <https://www.dnv.com/maritime/maritime-forecast/> (accessed 13.09.2025). (In Eng.)



3. The LNG Pathway: Mid-Year Market Review 2050. [Electronic resource]. Available at: <https://sea-lng.org/reports/the-lng-pathway-mid-year-market-review/> (accessed 14.09.2025). (In Eng.)
4. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. [Electronic resource]. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj/eng> (accessed 16.09.2025). (In Eng.)
5. 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. [Electronic resource]. Available at: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf> (accessed 16.09.2025). (In Eng.)
6. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). [Electronic resource]. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119&from=EN> (accessed 18.09.2025). (In Eng.)
7. Profumo, F., Deandreis, M. & Panaro, A. (2025). Future prospect for alternative fuels in the maritime sector. In *Wellbeing, Values and Lifestyles Toward a New Development Paradigm*. Springer, pp. 89–99. (In Eng.)
8. Ramsay, W., Fridell, E. & Michan, M. (2023). Maritime energy transition: future fuels and future emissions. *Journal of Marine Science and Application*, 22, 681–692. <https://doi.org/10.1007/s11804-023-00369-z> (In Eng.)
9. Schinas, O. & Ourolidis, G. (2022). Assessing the impact of sulphur cap on bunkering spot selection in the ARA region. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 21, 25–58. (In Eng.)
10. BP (2023). *Energy Outlook 2023 Edition*. BP Statistical Review of World Energy. London, United Kingdom, pp. 109–111. (In Eng.)
11. Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. Resolution MEPC.304(72). [Electronic resource]. Available at: https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304%2872%29_E.pdf (accessed 21.09.2025). (In Eng.)
12. Thomson, T. N. (2023). The market for biofuels: sustainable prospects for international shipping and the advances of the port of Rotterdam. *Maritime Economics & Logistics*, 25, 196–209. <https://doi.org/10.1057/s41278-022-00250-w> (In Eng.)
13. Liu, H., Ju, K., Wei, X., Zhang, C. & Zhou, J. (2025). Shipowners' responses to carbon tax: speed optimization using AIS data. *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-025-03313-7> (In Eng.)
14. Conference Resolution & CO₂ Emissions from Ships. MP/Conf.3/35 Annex. [Electronic resource]. Available at: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/PressBriefings/Document>



s/MP%20CONF.3%2035%20Resolution%208%201997%20CO2.pdf (accessed 23.09.2025). (In Eng.)

15. Bunker Sales 2021–2025 Rotterdam. [Electronic resource]. Available at: <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/maritime-shipping-bunkered-slightly-less-fuel-rotterdam-2024-demand-lng> (accessed 25.09.2025). (In Eng.)

© Савинова А.А., 2025 г.

