

Особенности внедрения новых требований к экологической безопасности судов и морских установок в северных морях и на арктическом шельфе

О. Я. Тимофеев¹, доктор технических наук,

Н. А. Вальдман, кандидат технических наук,

М. И. Крыжевич, кандидат географических наук

ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург

Рассматриваются особенности внедрения новых международных требований к экологической безопасности морских судов, установок и судовому топливу на континентальном шельфе Арктики и на Северном морском пути. Выполнен анализ возможных вариантов реализации технического и экологического оборудования, обеспечивающего реализацию современных требований к экологической безопасности, защите окружающей среды, атмосферного воздуха. Приведены примеры оборудования, обеспечивающего выполнение экологических норм.

Ключевые слова: экологическая безопасность, контроль выбросов, арктические требования, системы очистки, экологическое оборудование.

Введение в последние годы международными организациями новых экологических норм и стандартов может привести к росту цен на некоторые виды топлива, изменению грузопотоков, переоснащению флота и неизбежно повлечет существенные издержки для судоходства.

Рост интенсивности судоходства в арктических морях и по Северному морскому пути (рис. 1), который последовательно становится одним из международных транзитных коридоров, увеличивает антропогенные нагрузки на весьма уязвимую экосистему Арктики, что определяет необходимость существенного повышения требований к судам и морским установкам, эксплуатирующимся в этом регионе.

Принятие Международной морской организацией (ИМО) Полярного кодекса, предполагаемого к введению в 2016—2017 гг., ужесточит нормы максимально допустимого загрязнения окружающей среды, усилит требования к оборудованию судов, эксплуатирующихся в Арктике (выше 72° с. ш.), к обучению

и сертификации персонала, защите жизни и здоровья судовых экипажей.

Дополнительные требования к безопасности и предотвращению загрязнения морской среды в полярных районах станут обязательными с внесением соответствующих поправок в Конвенцию СОЛАС и приложения I—IV Конвенции МАРПОЛ.

Принятая редакция приложения VI к Конвенции МАРПОЛ предусматривает существенное ужесточение норм выбросов отработавших газов судовых энергоустановок по окислам серы (SO_x) и азота (NO_x).

Наиболее жесткие требования выработаны для районов контроля выбросов — Emission Control Areas (ECA), к которым сегодня относятся: Балтийское и Северное моря (ECA 1), прибрежные воды США и Канады (ECA 2), Средиземное море (ECA 3), побережье Японии (ECA 4) и ряд других акваторий [6; 7]. Процесс создания экологических зон необратим, будет в дальнейшем усиливаться и распространяться на другие регионы, в том числе на Арктику. Уже в ближайшие годы это внесет значительные изменения в деятельность судоходных и бункеровочных

¹ e-mail: 5_Otd@ksrc.ru.



Рис. 1. Северный морской путь России [5]

компаний, увеличит издержки судовладельцев и повысит фрахтовые ставки (рис. 2). При этом должен быть найден баланс между экологичностью, безопасностью, экономической эффективностью и технической реализуемостью проектных решений, обеспечивающих выполнение новых требований. Необходимо сохранить существующие преимущества морского транспорта, его привлекательность, в том числе для развивающегося арктического судоходства.

На протяжении многих лет Северный морской путь использовался практически исключительно российским флотом. Опираясь на этот опыт и методологию анализа рисков, Российский морской регистр судоходства (РС) разработал:

- правила для судов ледового класса;

- правила для присвоения знаков ECO или ECO-S [3], требующие наличия свидетельств и выполнения технической документации в соответствии с требованиями к выбросам в атмосферу SO_x и NO_x .

Прорабатываются вопросы создания на основе международного опыта правил РС по обитаемости в соответствии с классом COMFORT.

В ближайшее время Комитет по защите морской среды ИМО планирует рассмотреть вопросы о сбросе нефтесодержащих смесей при наличии фильтрующего оборудования с сигнализатором и автоматическим устройством прекращения сброса, а также о целесообразности введения в Полярный кодекс требований к портовым сооружениям для приема нефтеотходов с судов.

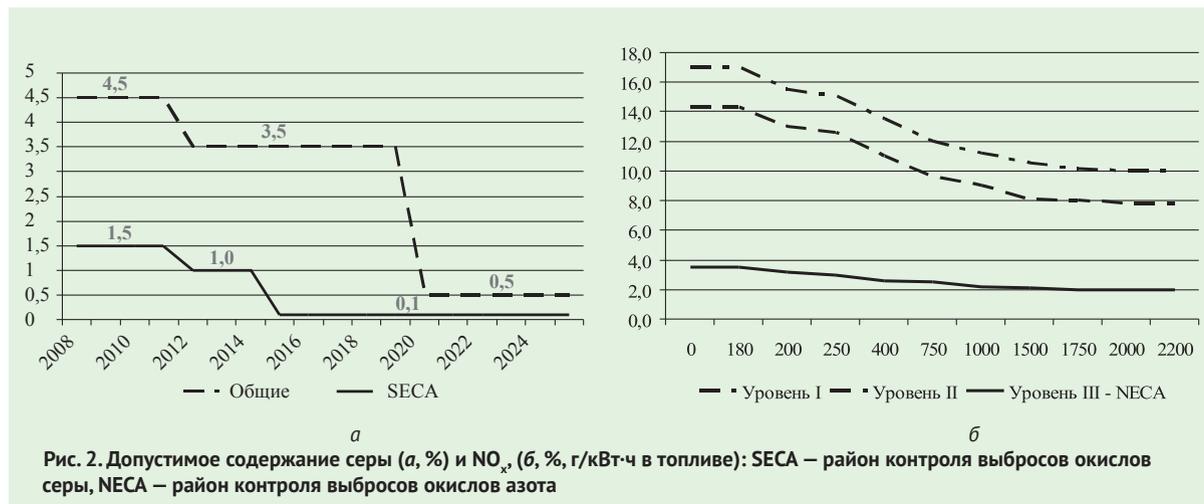


Таблица 1. Возможные меры для выполнения требований МАРПОЛ по сокращению выбросов NO_x и SO_x с судов

Мера	NO _x	SO _x
Использование малосернистого топлива	—	×
Внедрение SCR-технологий	×	×
Внедрение EGR-технологий	×	—
Применение газового топлива	×	×
Использование многотопливных двигателей	×	×

Очевидно, что при разработке требований к морской деятельности в Арктике будет учтен опыт северо-западной Европы: с 1 января 2015 г. в Балтийском и Северном морях (зона ECA 1) вводятся жесткие ограничения по выбросам окислов серы — 0,1% содержания в используемом топливе, по выбросам окиси азота — снижение на 80% (для других мировых акваторий — на 20%).

Новые ограничения на выбросы судовыми двигателями ставят судовладельцев перед выбором возможных вариантов решения проблемы (табл. 1).

Рассмотрим эти альтернативы.

1. *Использование малосернистого морского топлива.* Данная мера не освобождает от соблюдения норм по окислам азота, к тому же при производстве такого топлива многократно возрастают выбросы парниковых газов. Таким образом, при улучшении экологической ситуации в определенной зоне SECA (табл. 2) в других районах экологическая обстановка может значительно ухудшиться [1]. «Обессеренное» дизельное топливо и сейчас примерно вдвое дороже обычного, и есть предпосылки для его дальнейшего удорожания, что может оказать негативное влияние на конкурентоспособность рынка прибрежного судоходства по сравнению с другими видами транспорта — переключение части грузопотоков на автомобильный и железнодорожный транспорт. По оценкам, объем производства малосернистого

топлива будет недостаточен для удовлетворения резко возросшего спроса на него. Создаются предпосылки для монополизации рынка.

2. *Установка скрубберов (SCR-технологии)* — устройств нейтрализации вредных веществ выхлопных газов и систем избирательного каталитического восстановления для очистки выхлопных газов от серы и диоксидов азота. Увеличение капитальных затрат при установке скрубберов, по оценкам Института морских исследований Финляндии, возрастет примерно на 50 евро за 1 кВт мощности судовой установки, а операционных — примерно на 5—7 евро. И это без учета снижения дохода судовладельца из-за сокращения полезного пространства на судне: оборудование массой около 500 т занимает и значительный объем (рис. 3). Для судов некоторых типов установка скрубберов требует дополнительной проверки остойчивости, для пассажирского флота установка скруббера в принципе проблематична.

Усложняется и логистика судна в эксплуатации, в частности, из-за необходимости получения, хранения и сдачи раствора мочевины и его производных, оборота и обслуживания каталитических сеток и т. п., повышаются требования к квалификации экипажа. Вновь построенные суда, оборудованные реакторами с SCR-процессом, очевидно, будут менее конкурентоспособны из-за увеличения стои-

Таблица 2. Количество выбросов при сгорании топлива по опыту среднеоборотных морских дизельных двигателей, выпущенных после 2000 г., г/кВт·ч

Тип топлива	SO _x	NO _x	CO ₂	Твердые частицы
Мазут (3,5% серы)	13,0	9—12	580—630	1,50
Морское дизельное топливо (0,5% серы)	2,0	8—11	580—630	0,25—0,50
Очищенное дизельное топливо (0,1% серы)	0,4	8—11	580—630	0,15—0,25
Природный газ (сжатый или сжиженный)	0,0	2	430—480	0,00

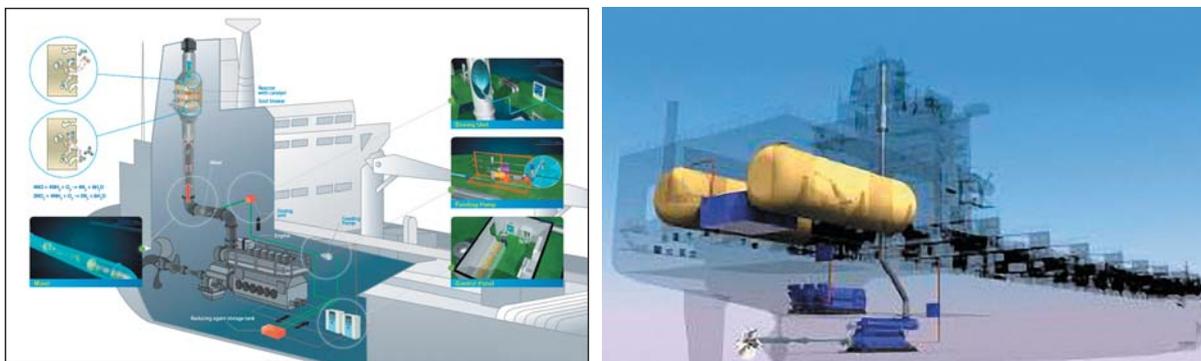


Рис. 3. Схема компоновки SCR-system (а) и один из способов хранения сжиженного природного газа (б) на судне

мости создания и повышенных эксплуатационных расходов.

По различным оценкам, с введением новых экологических требований для отдельных портов России (например, Высоцка и Усть-Луги в Балтийском море) падение объемов грузоперевалки может составить до 50%. Широкое оснащение судов скрубберами потребует резкого увеличения объемов дополнительных тренингов для экипажей, обязательных в соответствии с разработанным требованием по освидетельствованию и выдаче международного свидетельства об энергоэффективности судна.

Существуют и альтернативные судовые установки, обеспечивающие снижение выбросов NO_x и SO_x , например, установки с эмульгационно-пленочным трубчатым абсорбером.

3. *Рециркуляция отработавших газов (EGR — Exhaust Gas Recirculation)*. Принцип работы системы основан на возвращении строго определенного количества отработавших газов обратно во впускной коллектор. Далее, смешиваясь с воздухом и топливом, выпускные газы поступают обратно в цилиндры двигателя вместе с новой топливовоздушной смесью.

Развитие системы рециркуляции отработавших газов в настоящее время сосредоточено (рис. 4) на сокращении требуемого пространства для установки, оптимизации условий эксплуатации и управления, а также на расширении ее функциональных возможностей.

4. *Использование газа в качестве судового топлива*. Применение газового топлива позволяет: полностью исключить выбросы серы и твердых частиц, на 80% снизить выбросы оксидов азота, существенно (на 30%) сократить выбросы диоксида углерода. Такое топливо соответствует экологическим стандартам, снижает износ двигателя. На сегодня это единственный вид топлива с температурой вспышки менее $60^{\circ}C$, который разрешен к применению на судах в соответствии с международной нормативной базой и правилами классификационных обществ.

Основные сложности повсеместного внедрения газа как судового топлива связаны с неразвитостью системы бункеровки газом и с потребностью в выделении значительных объемов для размещения топливных емкостей и дополнительных установок, например, криогенных. Развитие новых портовых проектов в Арктике (например, порта Сабетта) позволит решать задачи бункеровки газом наиболее эффективно, однако для действующих портов это может быть проблематично.

В настоящее время природный газ на судах применяется в виде сжиженного углеводородного газа, сжатого (компримированного) природного газа, сжиженного природного газа (СПГ). Наиболее перспективным для бункеровки больших судов является СПГ. В странах, для которых экологические аспекты имеют высокий приоритет и строительство судов на

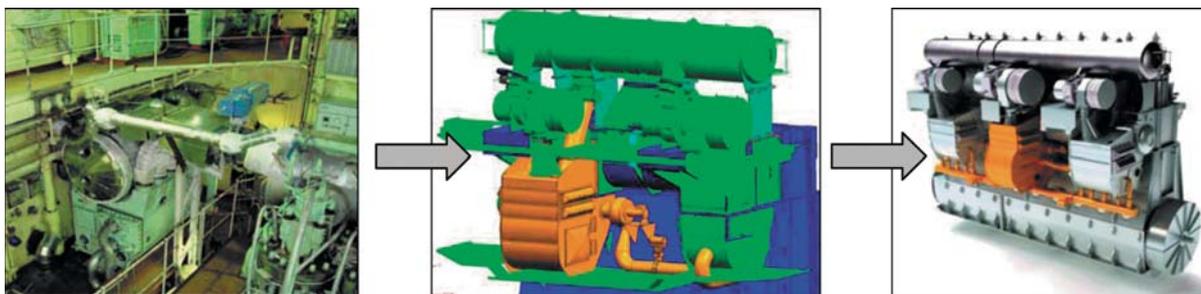


Рис. 4. Развитие судовых EGR-систем



Рис. 5. Бункеровка СПГ [2]: а – бункеровка с помощью шланга, б – бункеровка с помощью наполнительных рукавов

природном газе экономически стимулируется государством (в Норвегии, Финляндии и др.), эти технологии достаточно широко востребованы (рис. 5 и 6). К судам, уже использующим СПГ, относятся паромы и офшорные суда, а также суда, работающие в прибрежных и внутренних акваториях (в районах контроля выбросов) на достаточно постоянных и относительно коротких маршрутах [8].

Швеция, Финляндия, Германия, а также прибалтийские страны уже приступили к работе по переводу судов на СПГ, причем рост интереса к газу как к топливу определен и экологическими, и экономическими факторами. К настоящему времени построено и эксплуатируется около 100 судов, использующих СПГ в качестве топлива. В ближайшей перспективе применение СПГ в качестве судового топлива будет



Пассажирское судно «Viking Line»



Судно снабжения «Harvey Gulf»

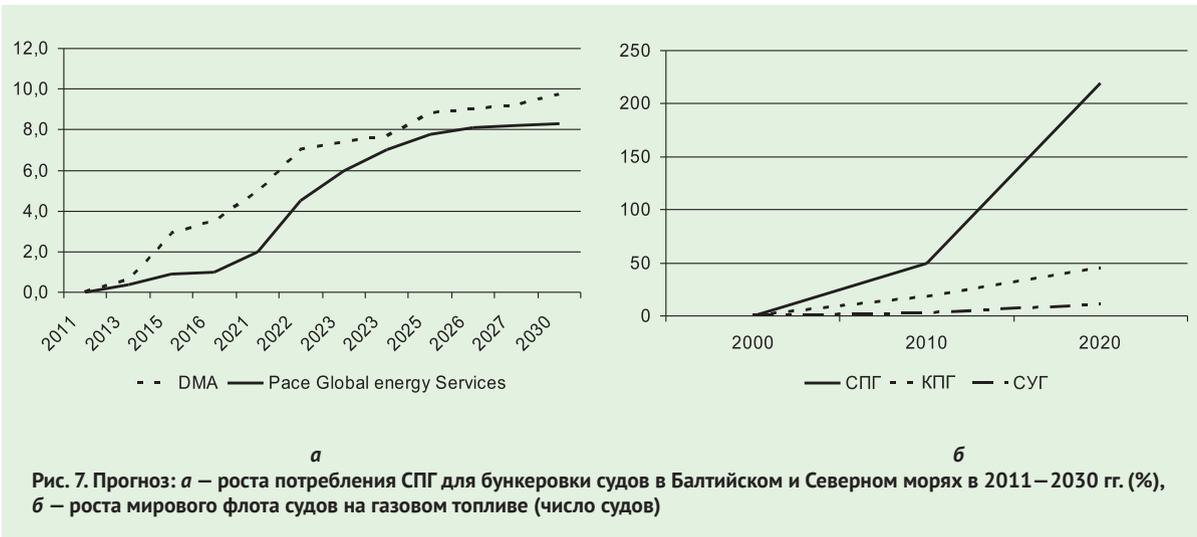


Рыборазводчик NSK



RoRo для Sea cargo

Рис. 6. Морские суда, использующие СПГ как бункерное топливо [4]



распространяться в первую очередь на паромах, каботажных и линейных судах (так, строительство бункерных терминалов СПГ в Роттердаме и в Приморске обеспечит эффективную эксплуатацию судов на этой линии) (рис. 6). Вместе с тем доказано, что использование СПГ в качестве топлива эффективно не для всех категорий судов: например, при переводе ледоколов на СПГ было выявлено существенное снижение их автономности — с 35 до 7 сут.

По оценкам агентства «Pace Global» потребление СПГ для бункеровки в Европе к 2030 г. превысит 8 млрд м³ (около 6 млн т), а по оценкам Датской морской организации (DMA) достигнет 10 млрд м³ (около 7 млн т) (рис. 7).

Говоря о системах хранения СПГ, следует рассмотреть два аспекта:

- постоянные, мобильные или временные топливные баки на судах, где СПГ используется как моторное топливо;
- емкости СПГ на судах-бункеровщиках и бункеровочных станциях (станциях на побережье, плавающих станциях-терминалах, ИСО-контейнерах и автомобильных полуприцепах) (рис. 8).

По российским нормам при бункеровке судов в портах необходимо предусматривать значительные по площади зоны отчуждения территорий, что проблематично в условиях активной хозяйственной деятельности на территории существующего порта. При использовании судна-бункеровщика зоной отчуждения может быть акватория, что гораздо более приемлемо. Однако вопрос размещения береговых систем хранения газа и в этом случае сохраняет актуальность.

Компания «Газпром-экспорт» рассматривает строительство до 2020 г. двух заводов по производству СПГ во Владивостоке и Санкт-Петербурге, а ОАО «НОВОТЭК» — до 2018 г. на полуострове Ямал. Планирующееся развитие предприятия «Ямал СПГ» является ключевым элементом общей стратегии по увеличению производства СПГ в России. Очевидно,

оно же должно стать ключевым элементом развития бункеровочной базы в Арктике. Строительство заводов СПГ на побережье арктических и дальневосточных морей будет обладать большим синергетическим эффектом, способствуя развитию прилегающих территорий.

Реализация проекта будет сопровождаться строительством принципиально новых судов, способных работать при температурах до -50°C и самостоятельно двигаться во льдах толщиной до 2,1 м. Трехтопливные суда (использующие мазут, дизельное топливо и газ) будут иметь не применявшееся ранее на танкерах СПГ сочетание таких инноваций, как азимутальные движители и ледокольная форма носовой оконечности. Существенно усилены требования к конструкции судов в отношении оборудования по предотвращению загрязнения вод. По заказу ОАО «Совкомфлот» в Корее уже начато строительство двух первых подобных судов вместимостью по 170 000 м³ — «Псков» и «Великий Новгород».

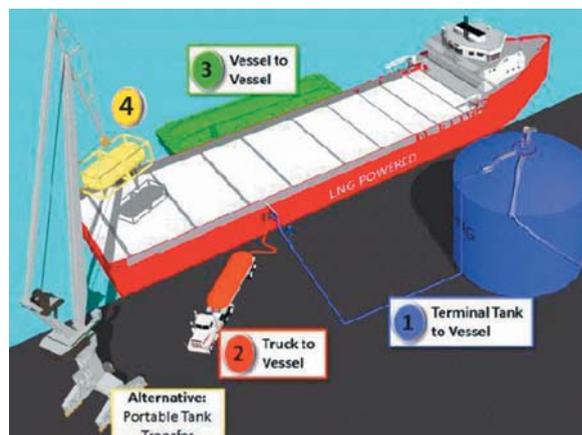


Рис. 8. Возможности бункеровки судов СПГ [2]: 1 – база, расположенная на суше, 2 – грузовой автомобиль; 3 – судно-бункеровщик, 4 – съемная емкость

Для России создание многотопливных двигателей, к сожалению, продолжает оставаться новой задачей.

Строительство судов, актуальных сегодня для нашей страны, является весьма затратным: стоимость современного ледокола составляет около 1 млрд евро, газодобывающей платформы — около 4,5 млрд долл. [8]. Выполнение требований нового экологического законодательства еще больше увеличит затраты на постройку судов, что стимулирует поиск новых технических решений, отвечающих экологическим стандартам при высокой экономической эффективности.

Многие новые технологии разрабатываются сегодня в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009—2016 гг.: созданы и испытаны опытные образцы отечественных установок очистки балластных вод, разрабатывается комплексная система экологического мониторинга разливов нефти, планируется создание системы дистанционного контроля выбросов загрязняющих веществ (NO_x , SO_x , CO_2) с судов и др. Кроме выполнения отдельных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ ФГУП «Крыловский государственный научный центр» — ведущая научно-проектная организация российского судостроения — выступает и в качестве интегратора, в том числе при разработке концептуальных проектов судов и объектов морской техники нового поколения. Сегодня в рамках работ по ФЦП уже разработано около 100 технических предложений по судам и морским техническим средствам различных типов включая плавучие и стационарные разведочные и эксплуатационные платформы, буровое судно, трубоукладочные суда, суда обеспечения морских нефтегазопромыслов, транспортные суда для Арктики. Принятые проектные решения проходят апробацию в ходе модельных экспериментов в опытовых бассейнах и при компьютерном моделировании в тренажерном комплексе Крыловского центра.

На всех этапах реализации проектов судов и морских сооружений от концептуального проектирования до вывода из эксплуатации производится оценка экологических рисков. Это обеспечивает снижение рисков на протяжении всего жизненного цикла морского объекта, возможность оперативно и адекватно реагирования при возникновении нештатных и аварийных ситуаций.

В условиях растущего антропогенного воздействия на окружающую среду повышение интегрального уровня экологичности судов и объектов морской техники объективно необходимо. При этом очевидно, что принятые на международном уровне экологические стандарты способны привести к значительным экономическим издержкам для судовладельцев, особенно при эксплуатации судов в арктических морях. Поэтому переход на новые экологические стандарты должен проходить планомерно и поэтапно,

основываясь на результатах разработки опережающего научно-технического задела и комплексной отработки сочетания инновационных технических решений в рамках концептуального проектирования. Внедрение новых национальных экологических стандартов для российской Арктики должно быть согласовано во времени с обеспечением практической реализуемости новых требований отечественной промышленностью. Только такой подход позволит эффективно развивать морскую деятельность в актуальных для России направлениях и исключит возможность дискредитации российского флота на мировом рынке.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 году». — М., 2013. — 510 с.
2. Использование СПГ в морском транспорте / Chart. — СПб., 2014.
3. Правила классификации и постройки морских судов. — Т. 2. — СПб., 2008.
4. Системы LNGPac. Комплексное решение для судов на СПГ / Wärtsilä. — СПб., 2014.
5. <http://expert.ru>.
6. MARPOL. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов. — Лондон, 1973.
7. МЕРС.200(62), 200 (63), 205 (62), 212 (63), 217 (63), 224 (64).
8. <http://potnews.ru/comments/1774>.