

**ФЕВРАТ – 2019**

**ОГРАНИЧЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ В  
АТМОСФЕРУ С ЯНВАРЯ 2020**

**LIMITATION OF HARMFUL EMISSIONS FROM MARINE DIESELS INTO THE  
ATMOSPHERE FROM JANUARY 2020**

**ВОРОБЬЕВ БОРИС НИКОЛАЕВИЧ  
ДОЦЕНТ КАФЕДРЫ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ  
МОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ Г.И. НЕВЕЛЬСКОГО**

**VOROBJEV BORIS NIKOLAEVICH  
ASSOCIATE PROFESSOR, DEPARTMENT OF MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINES  
OF THE NEVELSKOY MARITIME STATE UNIVERSITY**

**E-MAIL: [VOROBJEV@MSUN.RU](mailto:VOROBJEV@MSUN.RU)**

- ▶ В экономическом развитии общества важное значение имеет морской транспорт, который перевозит 90 % товаров при этом поглощает значительное количество топливных ресурсов и оказывает серьезное влияние на загрязнение атмосферы.

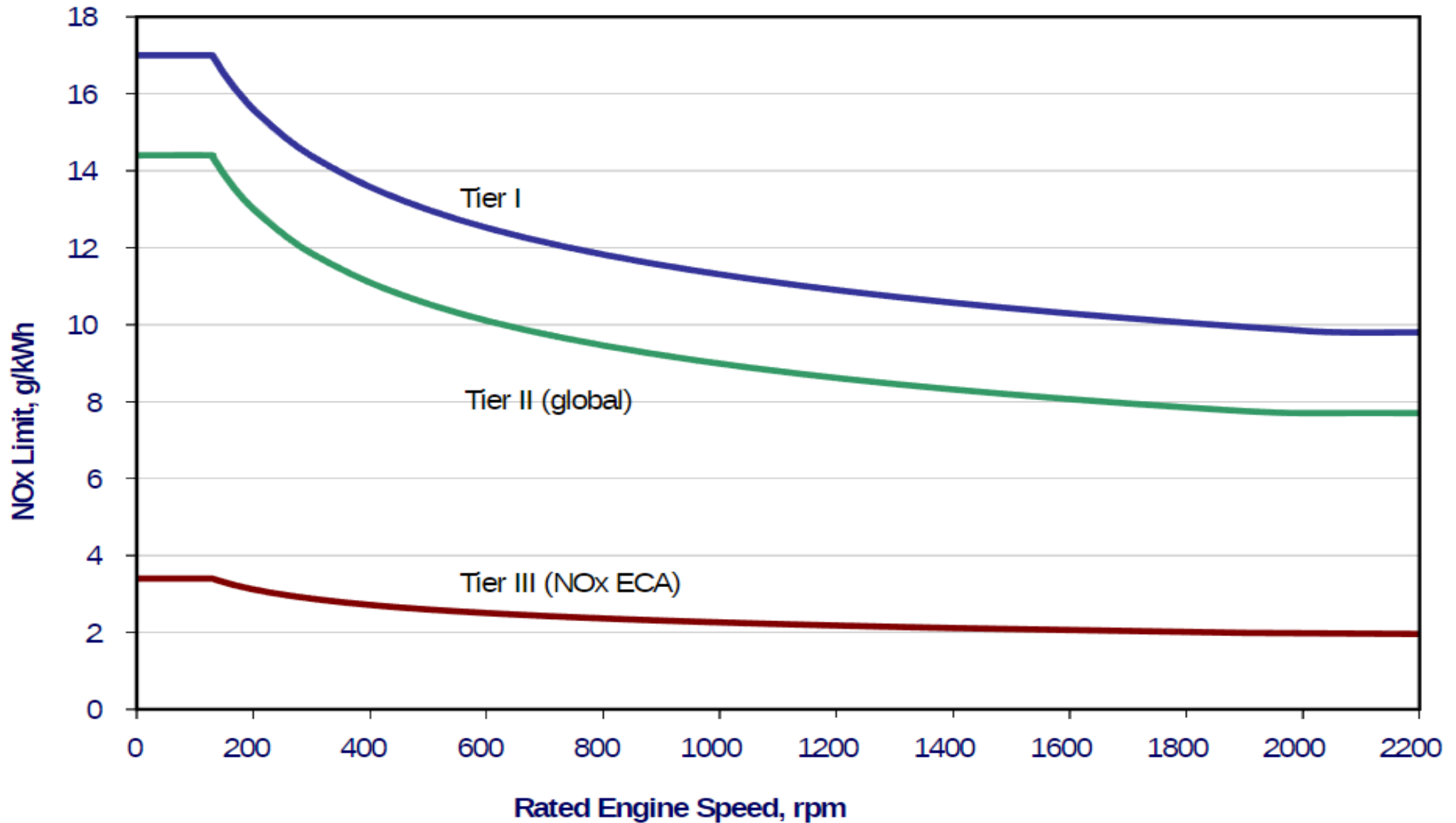
Большую роль в загрязнении атмосферного воздуха играют дизели и котельные установки морских судов. При сгорании дизельного топлива выделяется оксид углерода ( $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ), оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), углеводороды ( $\text{C}_n\text{H}_m$ ), оксиды серы ( $\text{SO}_x$ ), сажа.

Мировое сообщество требует постоянного поиска эффективных способов снижения токсичности отработавших газов - выбросов оксидов азота и оксидов серы, так как при эксплуатации морского транспорта ежегодно в атмосферу выбрасывается миллионы тонн оксидов азота, оксидов серы, сажа, соединения тяжелых металлов, водяной пар.

В январе 2016 г. начали действовать нормы выброса оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ) для дизелей новых судов по стандарту ИМО Tier III в зонах контроля (NECA-побережье США и Карибский бассейн). С января 2021 г. эти же требования обязательны к исполнению для Балтийского и Северного морей, включая проливы

# Ограничения по выбросам NO<sub>x</sub>

Tier	Дата вступления в силу	Ограничения NO <sub>x</sub> (г/кВт*ч)		
		n < 130	130 ≤ n < 2000	n ≥ 2000
Tier I	2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
Tier II	2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7
Tier III	2016	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1.96

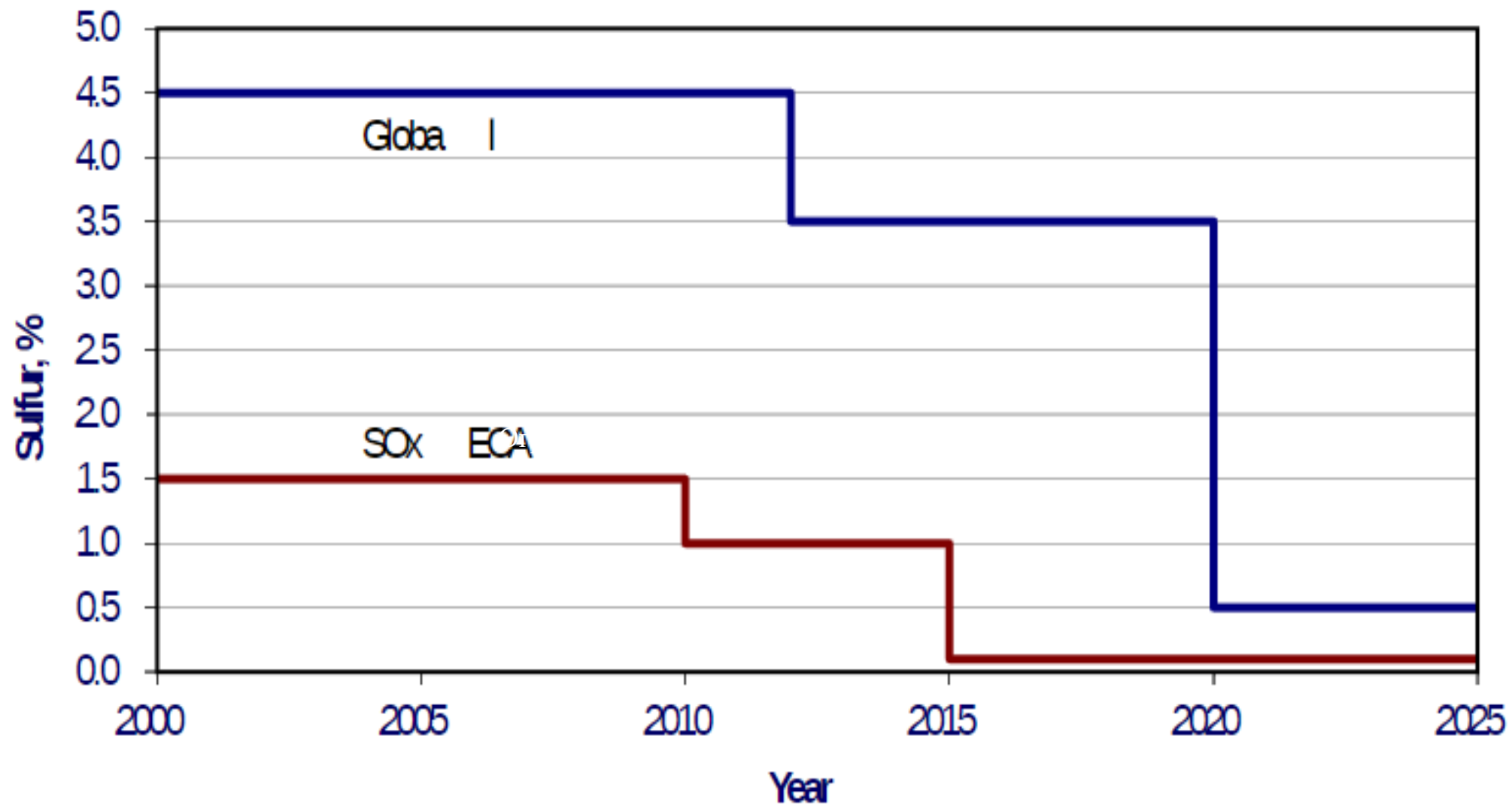


ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ВЫБРОСУ ОКИСЛОВ АЗОТА

# ОГРАНИЧЕНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ СЕРЫ В ТОПЛИВЕ

год введения	Ограничение серы в топливе (%)	
	SO <sub>x</sub> ЕСА	За пределами особых зон
2000	1,5 %	4,5 %
2010	1 %	
2012		3,5 %
2015	0,10 %	
2020		0,50 %





ОГРАНИЧЕНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ СЕРЫ В ТОПЛИВЕ

С учетом того, что судовые энергетические установки являются основными потребителями высокосернистых тяжелых топлив — High-Sulphur Fuel Oil (HSFO), для регулирования выбросов SO<sub>x</sub> ИМО в 2015 г. были введены зоны контроля — Sulphur Emission Control Areas (SECA). Зоны SECA это побережье северной Америки, пролив ЛаМанш, Северное море, Балтийское море — 0,10 % S и побережье Китая- 0,50 % S.



- Расположение SECA и их нормирование:

1 — 0,1 %; 2 — 0,5 %

После оценки применения малосернистого мазута, ИМО приняло решение о глобальном ограничении содержания серы в топливе 0,50 % для всех районов плавания, которое вступит в силу с января 2020 г. Это требование вводится в дополнение к ограничениям в 0,10 % серы в североамериканских и американских районах Карибского бассейна, Северного и Балтийского морей. На судах, где установлены системы очистки отработавших газов от соединений серы, будет разрешено не прекращать использование HSFO.

«Соглашение о запрете перевозки HSFO в топливной системе», кроме судов, оборудованных скрубберами. Для них разрешено перевозить HSFO в качестве груза, но запрещается иметь HSFO в резервуарах топливных систем, если не используются скрубберы для снижения выбросов в атмосферу SO<sub>x</sub>. Это Соглашение позволяет задерживать суда, использующие высокосернистое топливо, при проведении государственного контроля порта — Port State Control (PSC),

Нормативы ЕС предусматривают содержание серы в топливе не более 0,10 % для судов в портах. В странах ЕС ограничивается сброс скрубберной воды. Так Германия и Бельгия запретили сброс воды из скрубберов во многих районах, это послужило ограничением для работы скрубберов с открытым циклом. Так в ЕС не существует общепринятой концепции, другие страны ЕС могут принять такое же решение. Поэтому некоторые компании отказываются от концепции снижения выбросов SO<sub>x</sub> в атмосферу с помощью скрубберов.

Высокие требования предложены Калифорнийским советом по воздушным ресурсам (Air Resources Board — ARB) принято ограничение на использование топлива с содержанием серы в 0,10 % в пределах 24 морских миль от побережья Калифорнии. Такое регулирование не допускает других вариантов, кроме использования малосернистых топлив (DMA или DMB).



Общая мировая тенденция к ужесточению региональных правил по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха. Кроме рассмотренных зон контроля, ужесточение норм выбросов  $SO_x$  происходит в таких регионах, как Панамский канал, Тайбэй (Тайвань) и других



Судостроительные и дизелестроительные фирмы озадачены выполнением требований ИМО по ограничению выбросов  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ . Поэтому важное значение имеет внедрение известных и разработка новых методов снижения вредных выбросов в атмосферу. Многие судовладельцы заказывают суда с дизелями на газомоторном топливе, что позволит решить проблемы с загрязнением атмосферы окислами азота и серы.

Проведенные расчеты рабочего процесса дизеля и оценка вредных выбросов судового двигателя внутреннего сгорания на примере двухтопливного двигателя (марки 7RT-X62DF фирмы Winterthur Gas & Diesel (WinGD)) В качестве основного топлива используется сжиженный природный газ, а в качестве запального - дизельное топливо. По результатам расчетов и экспериментальных данных получено значительное снижение выбросов в атмосферу до установленных нормативов.

Расчёт рабочего процесса произведён в два этапа по методу численного моделирования. Первый этап - это расчет рабочего процесса и вредных выбросов при работе двигателя на дизельном топливе. Выброс  $\text{NO}_x$  составил на номинальном режиме  $7.8 \text{ г/кВт*ч}$ . Второй этап - расчет рабочего процесса и вредных выбросов при работе двигателя на газовом топливе. Выброс  $\text{NO}_x$  составил  $3.8 \text{ г/ кВт*ч}$