

УДК 62-61 + 504.03  
EDN FBBDJV

## АНАЛИЗ ПОЛОЖЕНИЙ РУКОВОДЯЩИХ ПРИНЦИПОВ ИМО ПО ОЦЕНКЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ СУДОВОГО ТОПЛИВА

**А.С. Реуцкий**, канд. техн. наук, Российский морской регистр судоходства, 191181 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: reutskii.as@rs-class.org

**В.К. Шурпьяк**, канд. техн. наук, Российский морской регистр судоходства, 191181 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: shurpyak.vk@rs-class.org

**С.А. Толмачев**, зам. нач. междунар. отдела, Российский морской регистр судоходства, 191181 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: tolmachev.sa@rs-class.org

В работе рассматривается нормативная база ИМО по оценке интенсивности выбросов парниковых газов (ПГ) на протяжении жизненного цикла для различных видов судового топлива, в том числе биотоплива, в целях снижения показателя эксплуатационной углеродоемкости судна СП. Целью исследования является анализ положений этих документов, главным образом Руководства ИМО по оценке интенсивности выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла для всех видов судового топлива, существующих и разрабатываемых требований конвенции МАРПОЛ и других связанных документов, которые будут определять основные направления развития не только международного судоходства, но и судостроительной науки и техники в ближайшие годы и десятилетия. Задачей исследования стало определение основных принципов учета выбросов парниковых газов от судовых топлив, выявление критериев экологичности судового топлива, порядка учета выбросов парниковых газов при использовании судового топлива на всем жизненном цикле в целях реализации соответствующих требований МАРПОЛ.

**Ключевые слова:** сокращение выбросов парниковых газов с судов, эксплуатационная углеродоемкость, чистые нулевые выбросы, жизненный цикл интенсивности выбросов парниковых газов, альтернативные виды судового топлива, биотоплива.

**Для цитирования:** Реуцкий А.С. Анализ положений руководящих принципов ИМО по оценке интенсивности выбросов парниковых газов на протяжении жизненного цикла для всех видов судового топлива / А.С. Реуцкий, В.К. Шурпьяк, С.А. Толмачев // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 79. — С. 14 — 25. — EDN FBBDJV.

## ANALYSIS OF THE IMO GUIDELINES FOR ESTIMATING THE INTENSITY OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS OVER THE LIFE CYCLE FOR ALL TYPES OF MARINE FUELS

**A.S. Reutskii**, PhD, Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: reutskii.as@rs-class.org

**V.K. Shurpyak**, PhD, Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: shurpyak.vk@rs-class.org

**S.A. Tolmachev**, Assistant Head of International Dep., Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: tolmachev.sa@rs-class.org

The paper examines the IMO regulatory framework for the assessment of GHG intensity over the life cycle for various types of marine fuels, including biofuels, in order to reduce the operational carbon intensity indicator of a ship. The purpose of the study is to analyze the provisions of these documents, mainly the 2024 Guidelines on Life Cycle GHG Intensity of Marine Fuels (2024 LCA Guidelines), existing and upcoming MARPOL requirements and other related documents which will determine the main directions of development not only of international shipping, but also of shipbuilding science and technology in the coming years and decades. The objective of the study was to determine the basic principles of accounting for greenhouse gas emissions from marine fuels, to identify criteria for the sustainability of marine fuels, to set procedures for GHG life cycle assessment of marine fuels as part of implementation of the relevant MARPOL requirements.

**Keywords:** reduction of greenhouse gas emissions from ships, operational carbon intensity, net zero emissions, lifecycle intensity of greenhouse gas emissions, alternative marine fuels, biofuels.

**For citation:** Reutskii A.S., Shurpyak V.K., Tolmachev S.A. Analysis of the IMO guidelines for estimating the intensity of greenhouse gas emissions over the life cycle for all types of marine fuels. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 79. P. 14 — 25. EDN FBBDJV. (In Russ.)

## ВВЕДЕНИЕ

Долгое время главной проблемой при использовании углеводородных топлив из ископаемого сырья считалась ограниченность запасов нефти и газа в недрах нашей планеты. Сторонники развития альтернативных видов энергетики в семидесятых годах прошлого века задавали модные тогда вопросы: что человечество будет делать, когда углеводороды в земле закончатся? Что будет после «века нефти»? Хотя уже в те годы экологи указывали на растущие проблемы, их «успокаивали» тем, что не стоит беспокоиться о выбросах в атмосферу, так как «нефти осталось на 20 лет», сокращение запасов приведет к сокращению добычи, росту цен на топливо и «естественному» сокращению его потребления. Когда один из авторов, будучи студентом, задал преподавателю вопрос: «Что будем делать через двадцать лет, когда нефть закончится?» — то получил ответ, что за 20 лет до того, когда преподаватель в свою очередь задал этот вопрос, запасы нефти тоже оценивались «на 20 лет». После этого прошло уже 40 лет активного использования недр нашей планеты, но и сейчас разведанные запасы при сохранении существующего уровня потребления оцениваются в 50 лет, а неразведанных запасов, возможно, еще на 80 лет [1]. То есть так же, как каменный век закончился не потому, что закончились камни, так и «век нефти» закончится не из-за истощения недр, а в результате появления более привлекательной альтернативы и решения накопленных за долгие годы нерешенных проблем.

Главная проблема использования топлива нефтяного происхождения заключается в том, что его сжигание приводит к значительному загрязнению атмосферы. Классические загрязнители, возникающие при сжигании нефтяного топлива (окислы азота ( $\text{NO}_x$ ) и серы ( $\text{SO}_x$ ), твердые частицы), ухудшают качество воздуха и оказывают вредное влияние на здоровье человека. В отличие от них углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), являясь основным компонентом выбросов в атмосферу, представляет собой другую проблему. Так как  $\text{CO}_2$  не вреден для здоровья, его выбросы долгое время на судах не ограничивались. Но когда парниковый эффект был определен как главный виновник нежелательных климатических изменений, Международная морская организация (ИМО) разработала целый ряд ограничений, связанных с необходимостью повышения энергоэффективности морских судов. Углекислый газ является конечным продуктом сгорания любого топлива, содержащего углерод. Поэтому его выбросы не могут быть снижены с помощью какого-либо каталитического нейтрализатора или системы фильтрации, что оказалось очень эффективным для улавливания  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ . Системы улавливания, хранения и утилизации  $\text{CO}_2$  на борту судна дороги в эксплуатации и связаны с многочисленными дополнительными опасностями, нормативная база для таких систем в настоящее время отсутствует. Таким образом, для сокращения выбросов  $\text{CO}_2$  с судов остаются две возможности: уменьшить расход топлива или использовать альтернативные виды топлива. Одной из таких альтернатив, в том числе для морской отрасли, может стать биотопливо, применение которого может решить многие проблемы, связанные с экологией и декарбонизацией.

Многие государства, не обладая развитой ресурсной энергетической базой и желая обрести независимость от богатых ископаемыми источниками энергии стран, в собственных интересах ведут активную работу по созданию новых или изменению действующих нормативных инструментов, имеющих целью полную декарбонизацию судоходной отрасли. Под декарбонизацией в контексте данной статьи подразумевается реагирование судоходной отрасли на изменение климата, в том числе путем отказа от ископаемого углеводородсодержащего топлива в пользу экологически чистых источников энергии или биотоплива.

Однако становится все более очевидным тот факт, что биотопливо не является полностью безвредным для окружающей среды, так как интенсивное сельское хозяйство с использованием большого количества удобрений требует значительных энергетических затрат. Для того чтобы учесть реальные выбросы в атмосферу, возникающие при потреблении биотоплива, а не только при его сжигании, необходимо учитывать потребление энергии и производить оценку выбросов  $\text{CO}_2$  за весь жизненный цикл топлива. Поэтому ИМО приступила к разработке Руководства по учету выбросов парниковых газов (далее — ПГ) на протяжении жизненного цикла судового топлива. В октябре 2025 г. предполагается принятие пересмотренного Приложения VI к Конвенции МАРПОЛ с новыми требованиями в отношении интенсивности топливных выбросов ПГ (ИТВПГ/GFI). Проект соответствующих поправок к МАРПОЛ в настоящее время рассматривается, и эти требования, в случае их принятия, вступят в силу 1 марта 2027 г. Целью настоящей статьи является анализ положений этого документа, так как выработанные в нем решения, возможно, будут определять основные направления развития не только международного судоходства, но и судостроительной науки и техники в ближайшие годы и десятилетия.

## 1. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СУДОВОГО ТОПЛИВА ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ

В настоящее время биотопливо рассматривается как углеродно-нейтральное топливо, то есть условно считается, что при его сжигании не производится выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу, что фактически, конечно, неверно. Углекислый газ, который выбрасывается в атмосферу при сжигании биотоплива, был ранее выделен из атмосферы в процессе фотосинтеза во время роста растений, использованных для производства биотоплива. Таким образом, при использовании биотоплива, в отличие от ископаемых видов топлива, имеет место рециркуляция углекислого газа.

В настоящий момент для поддержания выполнения стратегии ИМО по сокращению выбросов ПГ с судов [2] принимаются так называемые среднесрочные меры, состоящие из пакета технических и рыночных инструментов, направленных на сокращение выбросов судоходной отрасли в обозначенный срок. При этом для достижения запланированного «чистого нулевого выброса парниковых газов около 2050 года» требуется прохождение контрольных точек в 2030 и 2040 гг., когда должно быть достигнуто снижение количества выбросов ПГ с судов на  $\approx 20 - 30\%$  и на  $\approx 70 - 80\%$  соответственно от уровня выбросов 2008 г. Как указано в исследовании [3], техническая часть этих мер будет содержать в себе ужесточающиеся с течением времени нормы содержания ПГ в выбросах в атмосферу с судов (посредством регулирования интенсивности парниковых газов в судовом топливе), а также рыночные инструменты (рис. 1). В рамках ИМО была достигнута договоренность между государствами о целесообразности введения рыночного инструмента по регулированию выбросов с судов — механизма установления цен на выбросы ПГ [4], напрямую связанного с определением количества выбросов ПГ в атмосферу, произведенных в результате всего жизненного цикла судового топлива. При этом широкое распространение получил новый для ИМО термин *sustainability*, который широко применяется в новых документах ИМО, оценивающих выбросы в течение жизненного цикла топлива. Термин *sustainability* употребляется как характеристика способности той или иной области деятельности человека (в данном случае производства судового топлива) к устойчивому развитию без ущерба для будущего потребления и дальнейшего использования природных ресурсов, то есть характеризует экологически рациональное развитие, обеспечивающее учет будущих потребностей. Наиболее корректным смысловым переводом термина *sustainability* на русский язык, по мнению авторов, является термин «экологичность», хотя в последнее время довольно часто встречается ошибочный перевод словом «устойчивость».

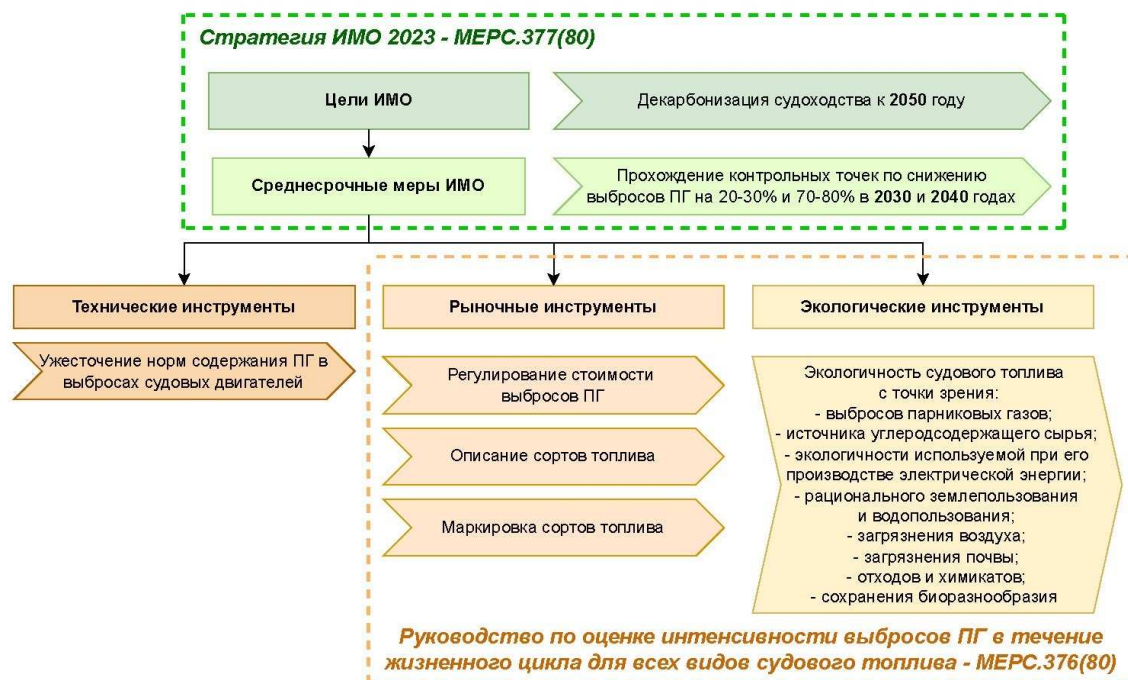


Рис. 1. Инструменты достижения среднесрочных целей ИМО по декарбонизации судоходной отрасли

Важнейшим элементом действующих требований МАРПОЛ по эксплуатационной углеродоемкости и перспективных требований в отношении интенсивности топливных выбросов парниковых газов является механизм определения содержания парниковых газов в топливе в эквиваленте  $\text{CO}_2$ . Так, действующее в настоящий момент Руководство 2022 г. по показателям эксплуатационной углеродоемкости и методам их расчета [5] предусматривает использование для каждого вида судового топлива переводного коэффициента углеродоемкости  $C_{Fj}$  (отношение массы топлива к массе выброшенных при его использовании ПГ в граммах  $\text{CO}_2$ -экв.). Процедура нахождения массы выбросов от определенного вида топлива  $j$  сводится к произведению массы потраченного за отчетный период топлива  $j$  на характерный для этого топлива переводной коэффициент  $C_{Fj}$ , взятый из таблицы 2.2.1 Руководства 2018 г. по методу вычисления фактического конструктивного коэффициента энергоэффективности (ККЭЭ) для новых судов (Резолюция МЕРС.308(73)).

Долгое время номенклатура топлив, для которых был определен и зафиксирован в документах ИМО переводной коэффициент  $C_F$ , была ограничена жидкими нефтяными топливами, производимыми в соответствии со стандартом ISO 8217, а также некоторыми альтернативными видами топлива — сжиженными природным и нефтяным газом, спиртовыми топливами, упомянутыми в Руководстве по расчету ККЭЭ [6]. Однако обновленная в 2024 г. версия этого стандарта допускает использование судового топлива, образованного путем смешивания его составляющих, произведенных из различного сырья, полученного из возобновляемых и/или ископаемых источников. Также стандартом [7] допускается содержание в судовом топливе до 100 % составляющих, полученных из биологического сырья, появилась возможность производить топливо путем смешивания его компонентов в различных пропорциях, в связи с чем процесс определения  $\text{CO}_2$ -эквивалента для отдельных видов топлива серьезно усложнился.

Упомянутый стандарт придерживается прежней системы маркировки топлива, что, с одной стороны, не позволяет конечному потребителю получать информацию о смесевом составе закупаемого топлива, а с другой стороны, затрудняет процесс определения его углеродоемкости, так как у одного и того же вида исходного сырья могут быть различные происхождение и процесс производства. Получающиеся в результате новые сорта (смеси различных видов) топлива будут иметь разную энергетическую ценность (здесь — низшую теплоту сгорания, МДж/г топл.) и, если учитывать выбросы  $\text{CO}_2$  за весь жизненный цикл, разную интенсивность выбросов (г  $\text{CO}_2$ -экв./г топл.) и коэффициент углеродоемкости  $C_F$ . Эти величины необходимо будет верифицировать для каждого производителя топлива.

В целях подтверждения качества и верификации свойств топлива Руководством по оценке интенсивности выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла для всех видов судового топлива (далее — Руководство) [8] предполагается ввести систему сертификации судовых топлив, учитывающую не только физические характеристики источника сырья, использованного для производства топлива, но и степень влияния способа его добычи, выращивания, переработки и транспортировки на окружающую среду — атмосферу, почву, водные ресурсы и т.д.

Таким образом, одним из главных инструментов ИМО, который отвечает новой стратегии, является Руководство — новый документ ИМО, в данный момент имеющий рекомендательный статус и представляющий собой совокупность механизмов определения интенсивности выбросов ПГ в атмосферу от различных видов судового топлива применительно ко всему их жизненному циклу, а также описания процесса сертификации.

## 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТА РУКОВОДСТВА ПО УЧЕТУ ВЫБРОСОВ ПГ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СУДОВОГО ТОПЛИВА

Согласно Руководству, выбросы парниковых газов должны включаться в специальные национальные кадастры парниковых газов. Однако в соответствии с п. 3.5 руководящих принципов МГЭИК [9] международное судоходство относится к категории «Мобильные источники выбросов», поэтому выбросы от судового топлива, используемого в международных перевозках, в них не учитываются. При этом в принятой ИМО Стратегии 2023 года по сокращению выбросов парниковых газов с судов [2] при реализации планов по сокращению выбросов предписано учитывать все выбросы ПГ, которые были зафиксированы за весь жизненный цикл топлива и других энергоносителей (электроэнергии), используемых на борту судна от момента добычи до конечного использования на судне.

Действующая в настоящее время методология ИМО по определению показателей эксплуатационной углеродоемкости [5], подробно исследованная в статьях [10, 11], предполагает учет только выбросов при непосредственном использовании топлива на судне (этап «от танка до кильватера» — Tank to Wake (TtW)).

Углеродный след при добыче и транспортировке сырья и производстве топлива (этап «от скважины до танка» — Well to Tank (WtT)) не учитывался, и, таким образом, не учитывались выбросы за весь жизненный цикл («от скважины до кильватера» — Well to Wake (WtW)).

В отличие от этого, Руководство учитывает влияние всех ПГ, выбрасываемых за весь жизненный цикл, включая добычу и выращивание, производство, переработку и транспортировку на судно, а также и сжигание на судне. Руководство, которое предполагается к постоянному совершенствованию (в рамках ИМО в настоящее время проводится пересмотр Руководства), содержит пять глав и пять приложений. В пяти главах документа последовательно описывается его область применения, приводится методология определения выбросов ПГ для различных элементов цепочки поставок топлива, приводятся значения коэффициентов выбросов (в том числе принимаемые по «умолчанию»), а также область проверки, сертификации и требования к постоянному процессу проверки. В приложениях к Руководству представлен список рассматриваемых видов топлива и соответствующие им коэффициенты выбросов «по умолчанию». Руководство направлено на охват всего жизненного цикла топлива: помимо потребления на судне, производится учет выбросов  $\text{CO}_2$  за весь жизненный цикл, в том числе добычу или выращивание сырья, рекуперацию почвы, переработку и преобразование сырья в топливо, транспортировку и бункеровку его на судно. Также Руководство вводит маркировку, которая включает информацию о виде топлива, сырье, процессе переработки, коэффициентах выбросов ПГ, о топливных смесях и аспектах устойчивого развития. Руководство определяет все элементы, подлежащие проверке/сертификации, и содержит общую процедуру стандартов сертификации.

### 3. МЕТОДОЛОГИЯ, ПРЕДСТАВЛЕННАЯ В ПРОЕКТЕ РУКОВОДСТВА ПО УЧЕТУ ВЫБРОСОВ ПГ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СУДОВОГО ТОПЛИВА

#### 3.1. Методология WtW.

Целью Руководства является описание методики определения и, в ряде случаев, назначение параметров интенсивности выбросов ПГ, происходящих в результате всего жизненного цикла (производства, цепочки поставок и использования) топлива и энергоносителей, используемых в судовых энергоустановках. В этом документе **учитываются** следующие выбрасываемые в атмосферу при производстве и использовании судового топлива парниковые газы:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и **не учитываются**: неметановые летучие органические соединения (НМЛОС), оксиды серы  $\text{SO}_x$ , монооксид углерода (CO), твердые частицы (ТЧ) и сажа (black carbon).

**Углеродный след «от скважины до судового бункерного танка» - «WtT – Well to Tank»**



Рис. 2. Интенсивность выбросов ПГ для цепочки производства и поставки судового топлива на судно (WtT)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Изображения из открытых источников сети интернет: <https://tass.ru/opinions/7784345>, <https://prommoscow.info/exhibition/gasoline-plant-mnpz>, [https://world.lib.ru/t/trahtenberg\\_r\\_m/gorodaigody-69.shtml](https://world.lib.ru/t/trahtenberg_r_m/gorodaigody-69.shtml), [https://www.researchgate.net/publication/329809693\\_Bunkering\\_Incidents\\_and\\_Safety\\_Practices\\_in\\_Turkey\\_Oil\\_Spill\\_Alone\\_The\\_Turkish\\_Straits\\_Sea\\_Area\\_Accidents\\_Environmental\\_Pollution\\_Socio-Economic\\_Impacts\\_and\\_Protection/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/329809693_Bunkering_Incidents_and_Safety_Practices_in_Turkey_Oil_Spill_Alone_The_Turkish_Straits_Sea_Area_Accidents_Environmental_Pollution_Socio-Economic_Impacts_and_Protection/figures?lo=1), <https://www.istc.illinois.edu/research/energy> (дата обращения 21.05.2025).

В качестве величины, характеризующей экологическую составляющую жизненного цикла и энергетическую ценность рассматриваемого топлива или его компонента, в Руководстве используется **коэффициент выбросов ПГ** (далее — КВПГ, GHG intensity), представляющий собой отношение массы выбрасываемых при сжигании топлива ПГ  $M_{ПГ}$  к низшей теплотворной способности ( $LCV$ ) этого топлива:

$$GHG = M_{ПГ} / LCV, \quad (\text{г CO}_2\text{-экв.}) / \text{МДж}. \quad (1)$$

Количество выбросов ПГ, учитываемых Руководством, —  $M_{ПГ}$  измеряется в граммах  $\text{CO}_2$ -эквивалента, и при его расчете требуется использовать характерные для  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}$  значения 100-летнего потенциала глобального потепления ( $GWP100$ ), приведенные в отчете МГЭИК. Масса выбросов ПГ в общем виде выглядит следующим образом:

$$M_{ПГ} = GWP_{\text{CO}_2(100)} \cdot M_{\text{CO}_2} + GWP_{\text{CH}_4(100)} \cdot M_{\text{CH}_4} + GWP_{\text{N}_2\text{O}(100)} \cdot M_{\text{N}_2\text{O}}, \quad \text{г CO}_2\text{-экв.}, \quad (2)$$

где  $M_{ПГ}$  — масса выброшенных ПГ, г;

$GWP_{(100)}$  — 100-летний потенциал глобального потепления, который для двуокиси углерода равен 1, для метана равен 28, а для двуокиси азота равен 265;

$M$  — масса соответствующего выброшенного в атмосферу вещества, г.

При определении КВПГ в Руководстве используется подход, при котором учитываются все коэффициенты выбросов ПГ для всех составляющих судового топлива за весь их жизненный цикл, что в тексте Руководства обозначено как  $WtW$ , то есть учитываются выбросы углекислого газа, метана и оксида азота, происходящие при добыче, выращивании, переработке, транспортировке и хранении всех компонентов (сырья для изготовления топлива или компонентов топлива) для всей цепочки их производства и поставки от источника сырья до непосредственного использования топлива в судовой энергоустановке и выбросов продуктов сгорания топлива в атмосферу (рис. 2). При этом цепочка  $WtW$  разделена на два основных компонента,  $WtT$  и  $TtW$ :

$$GHG_{WtW} = GHG_{WtT} + GHG_{TtW}, \quad \text{г CO}_2\text{-экв.} / \text{МДж}_{(LCV)}. \quad (3)$$

Таким образом, помимо привычного для ИМО круга вопросов, связанных с выбросами вредных веществ в результате использования топлива судовой энергетической установкой ( $TtW$ ), в Руководстве учитываются выбросы ПГ в результате всех действий с топливом и необходимым для его изготовления сырьем ( $WtT$ ). Рассмотрим здесь основные моменты этих методических указаний.

### 3.2. Методология $WtT$ .

Топливная партия может представлять собой смесь видов топлива, изготовленных из различных видов сырья, полученных из различных источников, поэтому расчет интенсивности выбросов для цепочки «от скважины до танка» ( $WtT$  — рис. 2) должен производиться с использованием средневзвешенных значений энергии различных компонентов топлива и к каждому компоненту топлива должна прилагаться соответствующая информация. Руководство предполагает, что смешанные виды судового топлива должны быть включены в схемы сертификации, а соответствующие коэффициенты выбросов парниковых газов по умолчанию или фактические коэффициенты выбросов ( $\text{г CO}_2 / \text{МДж}$ ) должны определяться пропорционально энергии каждой части, получающейся в результате топливной смеси.

Таким образом, количество выбросов ПГ в рамках цепочки  $WtT$  представляет собой сумму выбросов от получения исходного сырья  $e_{fescu}$ , от изменения содержания углерода в почве из-за изменения процесса землепользования  $e_l$ , от обработки сырья и производства из него конечного продукта  $e_p$ , от доставки исходного сырья от места добычи к месту производства и в результате доставки готового продукта к потребителю  $e_{td}$  за вычетом экономии выбросов путем накопления углерода в почве  $e_{sca}$ , улавливания углерода и его хранения  $e_{ccs}$  и измеряется в  $\text{г CO}_2\text{-экв.} / \text{МДж}_{(LCV)}$ :

$$GHG_{WtT} = e_{fescu} + e_l + e_p + e_{td} - e_{sca} - e_{ccs}, \quad \text{г CO}_2\text{-экв.} / \text{МДж}_{(LCV)}. \quad (4)$$

В тексте Руководства представлено описание методики, в соответствии с которой были получены значения КВПГ  $WtT$  ( $GHG_{WtT}$ ) для различных видов топлива «по умолчанию». В нем отдельно указано, что значение каждой составляющей выбросов должно быть подтверждено как минимум тремя различными источниками, в качестве которых могут приниматься отчеты НИР, научные статьи и финансовые документы организации. Из трех (или более) значений следует выбирать наибольшее, а в информационных целях следует указать диапазон полученного КВПГ. Выбросы, связанные с изменением содержания углерода в почве из-за изменения процесса землепользования,  $e_l$  и экономия выбросов за счет накопления углерода в почве  $e_{sca}$  в силу

отсутствия методического аппарата и накопленных статистических данных принимаются равными нулю, поэтому для текущих расчетов КВПГ судового топлива для цепочки WtT формула (4) обретает вид:

$$GHG_{WtT} = e_{fetu} + e_p + e_{td} - e_{ccs}, \text{ г CO}_2\text{-экв./МДж}_{(LCV)}. \quad (5)$$

Данные о выбросах, происходящих в процессе получения и обработки сырья, транспортировки топлива должны предоставляться в орган по сертификации в виде специально подготовленных таблиц, в которых собирается и обрабатывается информация о жизненном цикле судового топлива и определяется конечное значение его КВПГ в рамках цепочки WtT.

Несмотря на довольно сложную процедуру определения и подтверждения КВПГ  $GHG_{WtT}$  (документ содержит его значения «по умолчанию» для различных видов топлива ([8], Приложение 2), которыми необходимо руководствоваться в случаях невозможности расчета по (4). Анализ этих значений (рис. 3) показывает, что использование возобновляемого топлива (биодизеля) не дает принципиального преимущества по выбросам парниковых газов при учете цепочки WtT, так как интенсивность этих выбросов сравнима со значением  $GHG_{WtT}$  характерным для нефтяного топлива с минимальным содержанием серы.

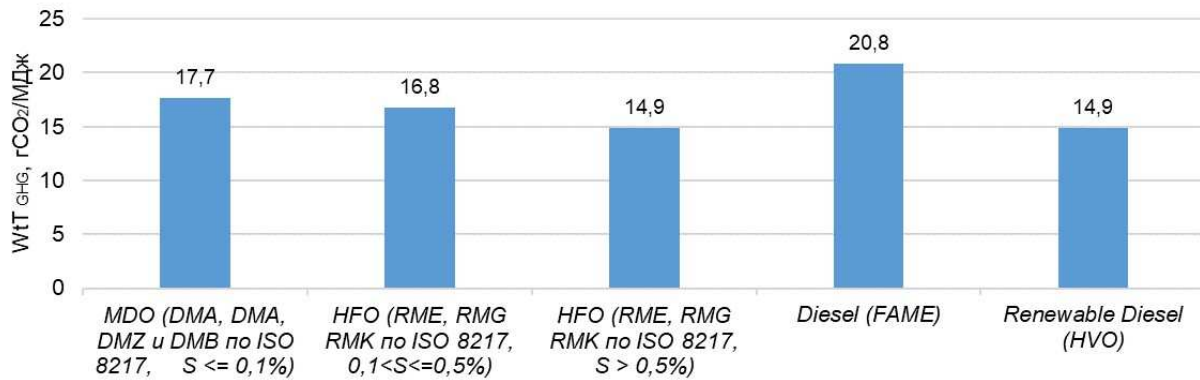


Рис. 3. Значения интенсивности выбросов ПГ «по умолчанию» для различных видов топлива применительно к цепочке WtT

Поэтому рассмотрим документ дальше, чтобы понять, в какой момент биотопливо становится «экологически чище» и как это отражено в методике.

### 3.3. Методология расчета TtW.

В отличие от WtT, целью методологии TtW является количественное определение интенсивности выбросов ПГ, образующихся на борту судна и связанных с расходом топлива, включающих все связанные со сжиганием и конверсией топлива выбросы, происходящие на судне.

Оценка выбросов ПГ в период TtW определяется по формуле:

$$GHG_{TtW} = \frac{1}{LCV} \left[ \left( 1 - \frac{1}{100} (C_{slip_{ship}} + C_{fug}) \right) \cdot (C_{fCO_2} \cdot GWP_{CO_2} + C_{fCH_4} \cdot GWP_{CH_4} + C_{fN_2O} \cdot GWP_{N_2O}) + \left( 1 - \frac{1}{100} (C_{slip_{ship}} + C_{fug}) \cdot C_{sfu} \cdot GWP_{fuelx} \right) - S_{Fc} \cdot e_c - S_{Fccu} \cdot e_{ccu} - e_{OCCS} \right], \text{ г CO}_2\text{-экв./МДж}_{(LCV)}, \quad (6)$$

где  $C_{slip_{ship}}$  — коэффициент, учитывающий несгоревшее или иным образом неиспользованное топливо (из числа доставленного на судно);  $C_{slip_{ship}} = C_{slip} \cdot (1 - C_{fug}/100)$ , % массы всего судового топлива;

$C_{slip}$  — коэффициент, учитывающий несгоревшее или иным образом неиспользованное топливо (из числа подаваемого на преобразователь энергии (двигатель, котел)), % массы всего судового топлива;

$C_{fug}$  — коэффициент, учитывающий потери топлива на пути от судового танка до использующей его силовой установки (утечки, испарение и т.д.), % массы конкретного судового топлива (пока методика не разработана,  $C_{fug} = 0$ );

$C_{sfu}$  — коэффициент, учитывающий долю ПГ в компонентах топлива, г ПГ/г топлива;

$GWP_{fuelx}$  — 100-летний потенциал глобального потепления, связанный с содержанием ПГ в компонентах топлива [9], см. (2), г CO<sub>2</sub>-экв./г ПГ;

$S_{Fc}$  — логическая величина, учитывающая при расчете значения TtW источник углерода для биотоплива, равен 1, для ископаемого топлива равен 0;

$e_c$  — углерод, полученный в результате роста биомассы, г CO<sub>2</sub>-экв./г топлива;

$e_{ccu}$  — углеродные единицы от использования уже «уловленного» CO<sub>2</sub> для производства топлива (пока методика не разработана,  $S_{Fccu} \cdot e_{ccu} = 0$ ), г CO<sub>2</sub>-экв./г топлива;

$S_{Fccu}$  — логическая величина, учитывающая использование ранее «уловленного» CO<sub>2</sub> в процессе производства синтетического топлива при расчете значения TtW (пока методика не разработана,  $S_{Fccu} \cdot e_{ccu} = 0$ ), может принимать значение 1 или 0;

$e_{OCCS}$  — количество углеродных единиц, полученных за счет улавливания углерода на борту судна, определяемое с учетом всех выбросов, которые произошли в процессе этого улавливания и транспортировки CO<sub>2</sub> до хранилища (пока методика не разработана,  $e_{OCCS} = 0$ ).

При оценке выбросов ПГ в рамках цепочки TtW могут использоваться два подхода:

- 1) источник углерода в топливе не учитывается, поэтому  $S_{Fc} = S_{Fccu} = 0$ ;
- 2) источник углерода в топливе учитывается (например, используемый для производства биотоплива уже содержащийся в почве  $CO_2$ ), поэтому  $S_{Fc} = S_{Fccu} = 1$ .

Таким образом, с учетом еще не разработанных методик ( $e_l, e_{sca}, C_{fug}, e_{ccu}, e_{OCCS} = 0$ ), в настоящее время суммарное значение КВПГ (3) для топлива или его составляющей может быть представлено в виде суммы (5) и (6):

$$GHG_{WtW} = e_{fecu} + e_p + e_{td} - e_{ccs} + \frac{1}{LCV} \left[ \left( 1 - \frac{C_{slip_{ship}}}{100} \right) \cdot (C_{fCO_2} \cdot GWP_{CO_2} + C_{fCH_4} \cdot GWP_{CH_4} + C_{fN_2O} \cdot GWP_{N_2O}) + \left[ \left( 1 - \frac{C_{slip_{ship}}}{100} \cdot C_{sfx} \cdot GWP_{fuelx} \right) - S_{Fc} \cdot e_c \right] \right], \text{ г } CO_2\text{-экв./МДж}_{(LCV)}. \quad (7)$$

На рис. 4 представлена структура формулы (7), где видно, что главное отличие при определении КВПГ ископаемого топлива и биотоплива заключается в том, что для биотоплива не берется в расчет весь углерод, полученный из окружающей среды при выращивании сырья, из которого оно изготовлено ( $e_c$ ).

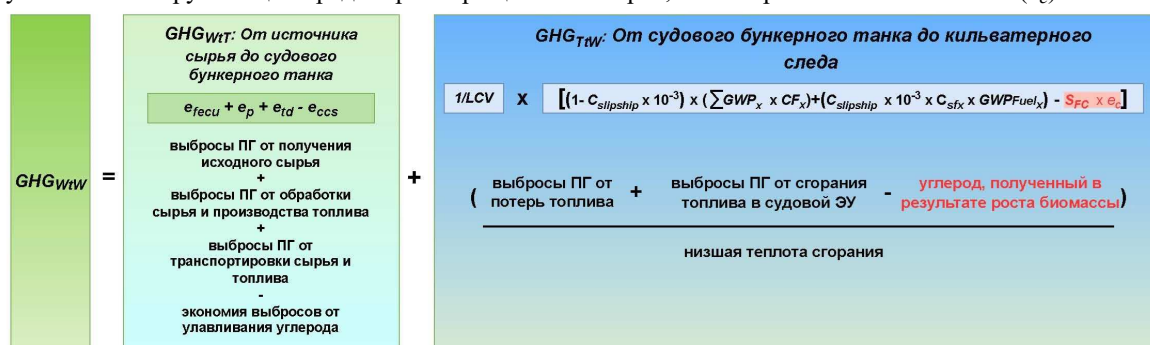


Рис. 4. Суммарное значение выбросов ПГ для топлива или его составляющих, образующихся в результате его жизненного цикла

На рис. 5 представлены значения коэффициентов углеродоемкости  $C_F$  для различных видов топлива (MDO, HFO, чистых биотоплив FAME и HVO и смеси B20 (20 % FAME и 80 % HFO) с учетом различных стадий жизненного цикла.

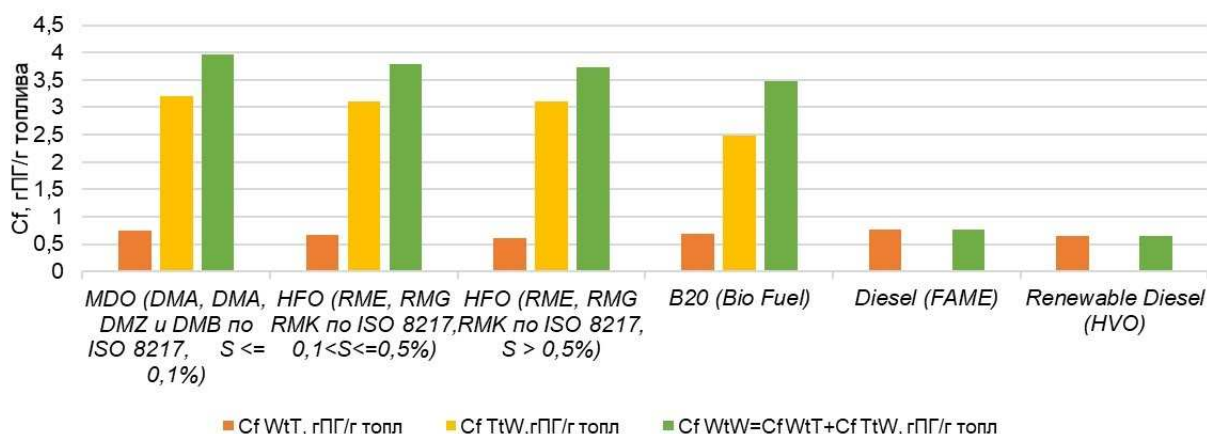


Рис. 5. Сравнение переводных коэффициентов углеродоемкости  $C_F$  различных топлив для различных стадий жизненного цикла (WtT, TtW и суммарный коэффициент для WtW)

### 3.4. Сертификация судового топлива.

Задачей сертификации судового топлива является подтверждение того, что сертифицируемое биотопливо отвечает требованиям, предъявляемым к экологичному топливу, использование которого не препятствует устойчивому развитию общества. Устойчивое развитие определяется как развитие, которое удовлетворяет потребности общества в настоящем времени, не ставя под угрозу способность к этому будущих поколений. В контексте судового топлива в ходе обсуждения и разработки в ИМО проекта Руководства были сформулированы следующие основные требования к экологичности судового топлива в течение жизненного цикла:

- 1) по сравнению с традиционными видами судового топлива, при использовании устойчивых судовых топлив должно образовываться *меньшее количество* ПГ в процессе их добычи, производства и применения;
- 2) использование экологичных судовых топлив не должно приводить к *увеличению выбросов* ПГ в результате использования ископаемых источников энергии, должно обеспечиваться *равновесие* между улавливаемым и накапливаемым углеродом, а также предотвращается *двойной учет* в разных секторах экономики;
- 3) используемые для производства экологичного топлива *источники* электроэнергии должны питаться от возобновляемых, ядерных или биогенных источников, а также от доступных электрических сетей в часы наименьшей их нагрузки;
- 4) производство экологичных судовых топлив не должно производиться на землях с большим содержанием углерода, а также не должно приводить к увеличению выбросов ПГ в результате изменения землепользования из-за выращивания культур для производства биотоплива;
- 5) производство экологичного судового топлива должно поддерживать и/или улучшить качество *водных ресурсов*;
- 6) производство экологичного судового топлива не должно ухудшать качество *атмосферного воздуха*;
- 7) производство экологичного судового топлива не должно ухудшать качество *почвы*;
- 8) производство экологичного судового топлива должно улучшать практики ответственного и безопасного обращения с отходами, в т.ч. химически активными;
- 9) производство экологичного судового топлива должно поддерживать и/или улучшать биоразнообразие экосистем.

В настоящий момент вопросами, связанными с подтверждением экологичности судового топлива, занимаются организации, имеющие соответствующее разрешение от Организации международной сертификации устойчивого развития и выбросов углерода (International Sustainability & Carbon Certification — ISCC), являющейся независимой многосторонней неправительственной организацией, отвечающей за разработку, надзор, пересмотр и постоянное совершенствование системы сертификации в области биотоплива. Система сертификации ISCC охватывает все устойчивое сырье, включая биомассу из сельского хозяйства, лесного хозяйства и аквакультур, биогенные отходы, небиологические возобновляемые материалы и переработанные материалы на основе углерода и продукты, полученные из них. Имея в настоящее время более 7000 действительных сертификатов в более чем 100 странах, ISCC является одной из крупнейших в мире систем сертификации. Список органов по сертификации доступен [12], среди них присутствуют представители классификационных обществ, в том числе компании Bureau Veritas Consumer Products Services, Inc., Bureau Veritas Polska Sp. z o.o, China Classification Society Certification Co. Ltd., DNV Business Assurance Sweden AB и RINA Services S.p.A.

### 3.5. Маркировка жизненного цикла топлива.

Руководством вводится технический инструмент для сбора и передачи информации, необходимой для оценки жизненного цикла судовых видов топлива и энергоносителей (например, электроэнергии для береговых электростанций), используемых в судовой энергоустановке, представляющий собой маркировку жизненного цикла топлива (Fuel lifecycle label, далее — FLL). Маркировка жизненного цикла топлива может быть полезна производителям, потребителям и контролирующим органам, так как содержит исчерпывающую информацию о топливе и состоит из пяти основных частей, представленных в табл. 1.

Таблица 1

## Маркировка жизненного цикла судового топлива

| Часть                                                  | Код | Ед. измерения                                  | Описание                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b> — основные характеристики топлива             | A-1 | —                                              | вид топлива (для топливной смеси указываются проценты)                                                                   |
|                                                        | A-2 | —                                              | способ получения топлива                                                                                                 |
|                                                        | A-3 | МДж/г топл.                                    | LCV — низшая теплотворная способность                                                                                    |
|                                                        | A-4 | % МДж <sub>(LCV)</sub> / МДж <sub>(LCV)</sub>  | доля в топливной смеси (только для топливных смесей)                                                                     |
|                                                        | A-5 | г CO <sub>2</sub> -экв. / МДж <sub>(LCV)</sub> | количество выбросов ПГ в рамках цепочки WtT                                                                              |
| <b>B</b> — углеродные единицы                          | B-1 | г CO <sub>2</sub> -экв. / г топлива            | $e_c$ — углеродные единицы, полученные в результате роста биомассы, пока методика не разработана $e_c = 0$               |
|                                                        | B-2 |                                                | $e_{scu}$ — углеродные единицы, полученные в результате улавливания углерода, пока методика не разработана $e_{scu} = 0$ |
| <b>C</b> — количество выбросов ПГ в рамках цепочки TtW | C-1 | г CO <sub>2</sub> -экв. / МДж <sub>(LCV)</sub> | количество выбросов ПГ в рамках цепочки TtW (источник углерода не учитывается)                                           |
|                                                        | C-2 |                                                | количество выбросов ПГ в рамках цепочки TtW (источник углерода учитывается)                                              |
|                                                        | C-3 | —                                              | механизм, расходующий топливо                                                                                            |
| <b>D</b> — выбросы ПГ в рамках цепочки WtW             | D   | г CO <sub>2</sub> -экв. / МДж <sub>(LCV)</sub> | количество выбросов ПГ в рамках цепочки WtW (A-5 + C-2)                                                                  |
| <b>E</b> — сертификация                                | E   | —                                              | в этой части указаны показатели экологичности судового топлива (см. 2.4)                                                 |

#### 4. ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗМА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СУДОВОГО ТОПЛИВА НА РЕАЛИЗАЦИЮ ТРЕБОВАНИЙ МАРПОЛ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ

Несмотря на то, что в настоящий момент на расчет показателя и рейтинга эксплуатационной углеродоемкости судна могут влиять только выбросы, происходящие на судне в рамках цепочки TtW, ввиду появления на рынке новых видов топлива, в первую очередь смесей из нефтяного топлива и биодизеля, в ИМО было разработано Временное руководство по использованию судового биотоплива МЕРС.1/Circ.905 [13]. Документ содержит рекомендации, направленные на снижение эксплуатационной углеродоемкости судна (СП) путем использования топливных смесей из ископаемого и растительного сырья, для которых отсутствует установленный переводной коэффициент углеродоемкости. Для этого необходимо, чтобы коэффициент выбросов парниковых газов  $GHG_{WtW}$  биотоплива на всем жизненном цикле не превышал 33 г CO<sub>2</sub>-экв. / МДж<sub>(LCV)</sub>. Делается это путем пересчета переводного коэффициента углеродоемкости ( $C_F$ ) для каждой части топливной смеси. При этом предполагается, что такое биотопливо должно иметь документальное подтверждение экологичности в рамках одной из международно признанных схем сертификации экологичного топлива. Для биотоплива, предназначенного к использованию на судах, ИМО рекомендовала на временной основе использовать одну из подобных схем, признанных Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), при понимании, что в будущем возможна разработка и признание ИМО аналогичных схем. Подобная процедура заложена в проект Пересмотренного приложения VI к МАРПОЛ, принятие которого предполагается в октябре 2025 г. на внеочередной сессии Комитета по защите морской среды ИМО.

## ВЫВОДЫ

В настоящий момент сложилась ситуация, при которой биотоплива фактически имеют значительное преимущество перед другими видами судовых топлив с точки зрения их влияния на показатель и рейтинг эксплуатационной углеродоемкости судов, а соответственно, и экономической составляющей их использования. В настоящий момент возможная доля снижения количества парниковых газов, выбрасываемых в атмосферу, фактически прямо пропорциональна доле биотоплива в смеси судового топлива, вплоть до 100 %. Таким образом, биотопливо фактически получило значительное конкурентное преимущество перед другими альтернативными судовыми топливами, для которых переводные коэффициенты углеродоемкости, если эти виды топлива не имеют биологического происхождения, составляют 1,375 для метанола, 1,913 для этанола и 2,75 для СПГ.

Что касается частей судовых топлив, полученных из ископаемых источников, для определения их переводного коэффициента  $C_F$  используются значения из [9] и [5], учитывающие только выбросы ПГ в процессе сжигания топлив и не учитывающие выбросы за весь их жизненный цикл. При справедливом подходе к определению выбросов парниковых газов хотелось бы видеть учет выбросов WtT также и для нефтяных топлив, что обязательно должно привести к необходимости пересмотра принятых еще в 2006 г. значений их переводных коэффициентов  $C_F$ . Подобная мера обязательно приведет к росту значений этих коэффициентов как для чистого ископаемого топлива, так и для смеси его с биотопливом. Но увеличение значения переводного коэффициента смеси будет меньше, и это значительно увеличит влияние использования биотоплива на коэффициент  $C_F$ .

В настоящий момент безусловным выгодоприобретателем этой ситуации является Европейский союз, вложивший в создание инфраструктуры выращивания и производства биотоплива большое количество ресурсов, в том числе направленных на создание нормативной базы. Последние плоды нормотворчества — поправки к Директиве ЕС № 2024/1405 [14] — расширили список источников возобновляемого сырья для производства биотоплив, теперь таковыми являются: топлива, полученные путем переработки промежуточных культур и культур, выращенных на сильно деградированных землях, спиртосодержащее сырье, цианобактерии, коммунальные сточные воды и поврежденные культуры, непригодные в качестве пищевых и кормовых ресурсов, прочие органические отходы и водоросли. При этом основные издержки от деградации пахотных земель и сокращения лесного покрова будут нести развивающиеся государства экваториальной зоны, где будет выращиваться значительная доля сырья для последующей транспортировки в ЕС и производства биотоплива с высокой добавленной стоимостью. Сейчас прогнозируется рост мощности производства жидкого биотоплива и биометана в государствах-членах ЕС от 3 до 11,6 раза в промежутке между 2023 и 2050 гг. [15]. Авторами отмечаются следующие ограничивающие факторы использования биотоплива: более высокая цена в расчете на энергию (на 20 — 150 % выше в зависимости от качества исходного сырья), ограниченность сырья и недостаток промышленных технологий.

Таким образом, в разработанном в ИМО Руководстве предпринята попытка учесть все выбросы, производимые топливом за весь его жизненный цикл, сформулированы основные принципы экологичности судового топлива, а также даны рекомендации по его маркировке, то есть задан стиль описания жизненного цикла судового топлива по принятой форме. Для этого в документе введена маркировка, которая раскрывает информацию о виде топлива, используемом для его изготовления сырье, процессе его переработки, соответствующих выбросах парниковых газов и так далее. Рассматриваемый документ определяет все элементы жизненного цикла судового топлива, подлежащие проверке и сертификации.

При этом необходимо иметь в виду, что использование механизма оценки топлива на всем жизненном цикле в рамках реализации существующих и перспективных требований МАРПОЛ в области сокращения выбросов парниковых газов с судов может привести к дискриминации одних и тех же видов углеводородного и альтернативного топлива, произведенных в различных государствах, ввиду различий в количестве выбросов на этапе «от скважины до танка».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. BP Statistical Review of World Energy June 2015. [Электронный ресурс] URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf> (дата обращения 22.05.2025).
2. Resolution MEPC.377(80). 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships.
3. Толмачев С.А. Перспективы введения мер рыночного характера по сокращению выбросов парниковых газов с судов / С.А. Толмачев // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2023. — № 70/71. — С. 4 — 12.
4. Maritime Forecast to 2050. Energy Transition Outlook 2024, DNV.
5. Resolution MEPC.352(78). 2022 Guidelines on Operational Carbon Intensity Indicators and the Calculation Methods (CII Guidelines, G1).
6. Resolution MEPC.308(73). 2018 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships.
7. BS ISO 8217:2024 Products from petroleum, synthetic and renewable sources — Fuels (class F) — Specifications of marine fuels.
8. Resolution MEPC.376(80). 2023 Guidelines on Life Cycle GHG Intensity of Marine Fuels.
9. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г. / подгот. Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов; ред. С. Игглестон, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара и К. Танабе. Т. 1 — 5. — ИГЕС, 2006.
10. Березин А.О. Сравнительный анализ документов стратегического планирования ИМО и Российской Федерации в области сокращения выбросов парниковых газов / А.О. Березин, С.А. Толмачев, В.К. Шурпак // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 78. — С. 23 — 34. — EDN WZWOPO.
11. Толмачев С.А. Последствия применения требований МАРПОЛ к эксплуатационной углеродоемкости (CII) и предлагаемые подходы по их совершенствованию / С.А. Толмачев, А.А. Серов, А.А. Михеева, Д.С. Семионичев и др. // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 77. — С. 24 — 32. EDN FXBYEL.
12. List of Cooperating Certification Bodies. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iscc-system.org/certification/certification-bodies/> (дата обращения 21.05.2025).
13. MEPC.1/Circ.905. Interim Guidance on the Use of Biofuels under Regulations 26, 27 and 28 of MARPOL Annex VI (DCS and CII).
14. Commission Delegated Directive (EU) 2024/1405 of 14 March 2024 amending Annex IX to Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council as regards adding feedstock for the production of biofuels and biogas.
15. Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels / European Commission. Directorate-General for Research and Innovation, Directorate C — Clean Planet. Unit C. 2 — Clean Energy Transitions. 7 February 2024.

## REFERENCES

1. BP Statistical Review of World Energy June 2015. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf> (accessed 22.05.2025).
2. MEPC.377(80). 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships.
3. Tolmachev S.A. Perspectives of the introduction of market-based measures to reduce greenhouse gas emissions in the shipping sector. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2023. No. 70/71. P. 4 — 12. (In Russ.)
4. Maritime Forecast to 2050. Energy Transition Outlook 2024, DNV.
5. Resolution MEPC.352(78). 2022 Guidelines on Operational Carbon Intensity Indicators and the Calculation Methods (CII Guidelines, G1).
6. Resolution MEPC.308(73). 2018 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships.
7. BS ISO 8217:2024 Products from petroleum, synthetic and renewable sources — Fuels (class F) — Specifications of marine fuels.
8. Resolution MEPC.376(80). 2023 Guidelines on Life Cycle GHG Intensity of Marine Fuels.
9. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories / IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme; ed. by S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe. T. 1 — 5. IGES, 2006.
10. Berezin A.O., Tolmachev S.A., Shurpyak V.K. Comparative analysis of IMO and Russian Federation strategic planning documents related to greenhouse gas emissions reduction. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 78. P. 23 — 34. EDN WZWOPO. (In Russ.)
11. Tolmachev S.A., Serov A.A., Mikheeva A.A., Semionichev D.S. et al. Consequences of applying MARPOL requirements to operational carbon intensity (CII), and approaches for their improvement. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2024. No. 77. P. 24 — 32. EDN FXBYEL. (In Russ.)
12. List of Cooperating Certification Bodies. URL: <https://www.iscc-system.org/certification/certification-bodies/> (accessed 21.05.2025).
13. MEPC.1/Circ.905. Interim Guidance on the Use of Biofuels under Regulations 26, 27 and 28 of MARPOL Annex VI (DCS and CII).
14. Commission Delegated Directive (EU) 2024/1405 of 14 March 2024 amending Annex IX to Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council as regards adding feedstock for the production of biofuels and biogas.
15. Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels / European Commission. Directorate-General for Research and Innovation, Directorate C — Clean Planet. Unit C.2 — Clean Energy Transitions. 7 February 2024.