

УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ТРАЛОВОМ ПРОМЫСЛЕ МИНТАЯ

**А. А. Майсс, Я. Ю. Блиновская,
Е. В. Кирьянова, Л. И. Соколова**

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
Владивосток, Россия; ФГБОУ ВО «Дальневосточный
государственный технический рыбохозяйственный
университет», Владивосток, Россия*

Ключевые слова: выбросы в атмосферу; Охотское море; траловый промысел минтая; углеродный след.

Аннотация: Предпринята попытка расчета углеродного следа на примере крупнейшего отечественного промысла минтая, который осуществляется в северо-восточной части Охотского моря и проходит в период с 1 января по 9 апреля каждого года. Данный промысел обеспечивает вылов около 1 млн т минтая из 5 млн т общероссийского улова. Проанализированы параметры промысла. Отмечено, что ежегодно в нем задействовано в среднем 122 судна, которые разделены по мощности судовых энергетических установок – основных источников загрязнения атмосферного воздуха: 1 группа – с мощностью более 7000 кВт, 2 – от 3000 до 7000 кВт, 3 – менее 3000 кВт. В каждой группе выделен типовой проект судна, параметры которого легли в основу расчета углеродного следа. Учитывая эксплуатационно-технические характеристики судов, используемые типы топлива, производственный технологический процесс и природно-климатические условия района промысла, рассчитано, что за время промысла минтая в выделенном районе в атмосферу выбрасывается 221 776 т углерода.

Введение

Воздействия на окружающую среду, вызванные антропогенной деятельностью, и связанные с ними последствия носят глобальный и часто необратимый характер. Наиболее ярко это проявляется в кардинальной

Майсс Артур Айварович – соискатель, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»; Блиновская Яна Юрьевна – доктор технических наук, доцент, профессор департамента природно-технических систем и техносферной безопасности, e-mail: blinovskaia.iaiu@dvfu.ru; Кирьянова Евгения Викторовна – инженер департамента природно-технических систем и техносферной безопасности; Соколова Лариса Ивановна – кандидат химических наук, доцент, профессор департамента химии и материалов, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия.

перестройке климатических условий, и, как следствие, отражается на экосистемных показателях, что приводит к возникновению угрозы безопасности жизнедеятельности и самого человека и окружающей среды. Практически все виды природопользования связаны с генерацией парниковых газов, являющихся одними из первоочередных причин изменения климата. Рыболовство, играющая важную роль в продовольственной, экономической и экологической политике, не является исключением. Современный мировой объем изъятия водных биологических ресурсов составляет порядка 90 млн т, для обеспечения которого задействовано более 4 млн рыболовных судов различного водоизмещения, потребляющих около 41 млн т топлива [1]. Все это, безусловно, приводит к поступлению в атмосферу значительного количества загрязняющих веществ. Согласно [2], вся отрасль, включая аквакультуру, приводит к выделению в атмосферный воздух около 130 млн т CO₂, однако сведения о выбросах парниковых газов рыболовным флотом носят отрывочный характер. Несмотря на остроту проблемы, методики оценки выбросов парниковых газов в зависимости от типа судна, вида промысла и применяемого при этом орудия лова отсутствуют, а значит, адекватных данных о воздействии на атмосферный воздух также нет. Логично предположить, что наиболее энергоемкие виды рыболовства и аквакультуры характеризуются более массовыми выбросами, при этом их состав очевиден. Россия входит в пятерку стран-лидеров по добыче рыбы в мире и придерживается политики «зеленой инициативы», в задачи которой входит, в том числе и оценка углеродного следа. Все это делает задачу количественной оценки парниковых газов, выбрасываемых в процессе промысла, весьма актуальной.

Исследование структуры расхода топлива в зависимости от вида промысла и применяемого орудия лова показало, что использование пассивных орудий лова (ловушек, ярусов, жаберных сетей) не приводит к увеличению потребления топлива, в отличие от промысла с использованием активных орудий лова (например, донных и пелагических тралов). В первом случае расход топлива на килограмм улова составляет около 0,1...0,4 л, во втором – 0,5...1,5 л [3 – 5].

Наиболее крупные рыболовные флотилии принадлежат Китаю, Индонезии, Вьетнаму, Японии и США. Согласно [5], в 2011 году выбросы угарного газа рыболовным флотом этих странами составили около 45 % (81 млн т) от общемирового флота, сгенерировавшего 179 млн т CO₂.

Разведение аквакультуры (морепродуктов) имеет самый низкий углеродный след по сравнению с производством других белков животного происхождения. Это связано с биологической спецификой объектов марикультуры, поскольку в данной среде отсутствуют виды, выделяющие метан, а значит, наибольшая часть парниковых газов поступает непосредственно от использования топлива в судовых энергетических установках. Таким образом, минимизация воздействия на воздушную среду через оптимизацию потребления энергии во всей производственной цепочке является важным элементом снижения экологических издержек рыболовства [6]. А для разработки механизма снижения негативного воздействия необходимо понимание того, какое количество парниковых газов образуется при разных видах промысла, использующих различные орудия лова, в основных рыбопромысловых районах.

Материалы и методы

Правовое регулирование отношений, связанных с парниковыми газами, обеспечивается Федеральным законом № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02 июля 2021 года. Методическая база опирается на Greenhouse Gas Protocol, разработанный Всемирным советом предпринимателей по устойчивому развитию, и стандарт ISO 14064. Основными национальными стандартами являются Приказ Министерства природных ресурсов и экологии от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» и ГОСТ Р ИСО 14064 «Газы парниковые».

Анализ экологической практики мировой рыболовной флотилии показал, что расчет выбросов парниковых газов от сжигания топлива осуществляется, исходя из усредненной нормы 3,1 кг CO₂-экв./л [5]. При этом учитываются как прямые выбросы от сжигания топлива (около 2,64 кг CO₂-экв./л), так и выбросы от добычи, переработки и транспортировки топлива, а на 1 кг выловленной продукции (рыбы, беспозвоночных) приходится 1,9 кг CO₂-экв. Таким образом, согласно [5], средний мировой выброс по всем рыбным хозяйствам составляет 710 л топлива на 1 т пойманной рыбы. Следует отметить, что количество выброшенных парниковых газов зависит не только от объема сжигаемого топлива, но и его физико-химических параметров. Методические подходы, приведенные в [7], позволяют скорректировать расчет выбросов парниковых газов исходя из расхода работы двигателя. В соответствии с этим углеродный след судовой единицы можно представить как произведение объема топлива, расходуемого судном в единицу времени, на прямые выбросы углекислого газа от его сжигания. Данный показатель является линейной функцией энергопотребления и может быть использован для любого типа судовой энергетической установки.

Выбросы углекислого газа с отработавшими газами также регулируются требованиями резолюции Международной морской организации (ИМО) МЕРС.308 (73) [8] и поправками к ней, приведенными в МЕРС.322 (74) [9]. В соответствии с рекомендациями ИМО рассчитывается индекс энергоэффективности, значение которого показывает массу выбрасываемого CO₂, т, на единицу пройденного расстояния (мили). Он представляет собой отношение произведения удельного расхода топлива двигателей и других судовых источников загрязнения воздуха в зависимости от типа топлива к произведению дедвейта судна и скорости его передвижения. Однако применение данного подхода для рыбопромыслового флота нецелесообразно, так как он ориентирован на суда постройки после 2018 (значительная часть рыболовных судов имеет достаточно почтенный возраст) и на линейные переходы судов между портами (рыболовные суда характеризуются сложной траекторией перемещения во время промысла).

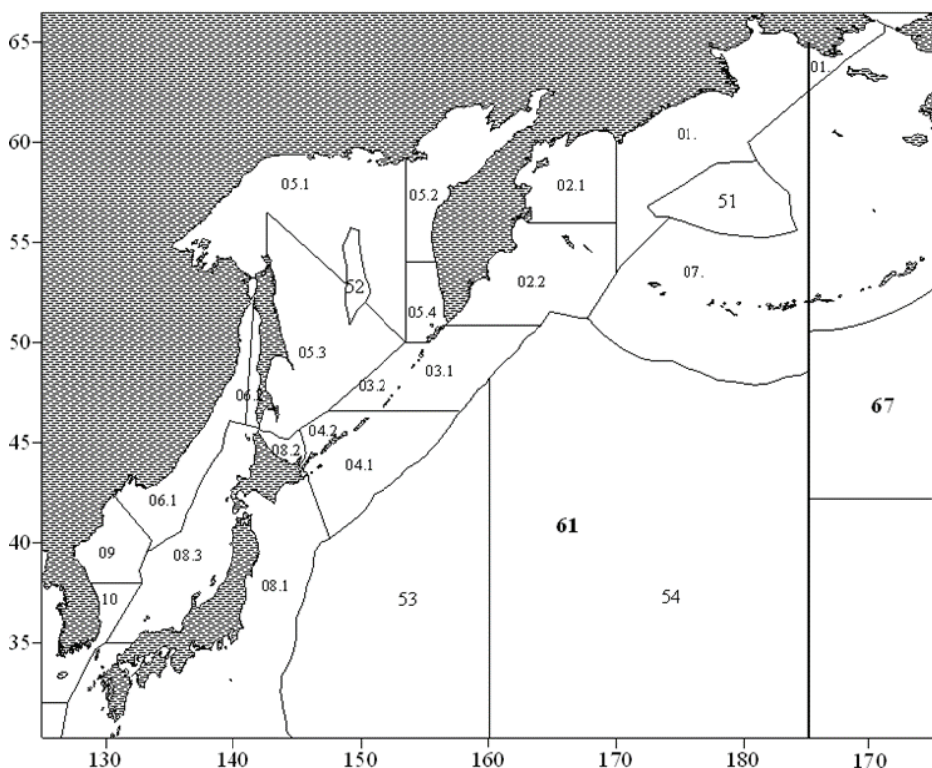
В отечественной практике расчета углеродных единиц также используется опыт, сформированный саморегулируемой организацией в области энергетического обследования – некоммерческим партнерством «Межрегиональный альянс энергоаудиторов» [10]. В соответствии с данной мето-

дикой годовой выброс двуокиси углерода представляет собой произведение фактического потребления топлива на теплотворную способность и коэффициенты окисления, выбросов и пересчета углерода в углекислый газ.

Выбросы в атмосферный воздух не ограничиваются углекислым газом. В структуре загрязнения представлен широкий спектр поллютантов, выходящих за рамки парниковых газов, но тем не менее оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Для их оценки Министерством природных ресурсов и экологии утвержден Приказ от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», где в перечень оценочных компонентов входит и углерода оксид и другие парниковые газы [11]. С целью автоматизации расчетов применяются различные программные продукты, нашедшие широкое применение в производственной экологической практике. В настоящей работе использована унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог», разработанная группой компаний «Интеграл» – российским лидером в области разработки программных средств по охране окружающей среды и в профессиональном обучении экологов.

Выбор в качестве объекта расчета углеродного следа рыбопромысловым флотом промысла минтая в северо-восточной части Охотского моря (рис. 1) обусловлен тем, что данный район считается одним из биопродуктивных в мире, обеспечивающий 1,7 млн т минтая из 5 млн т общероссийского улова. Продолжительность охотоморской минтаевой путины ежегодно составляет около 110 суток (с 1 января по 9 апреля) и задействует в среднем 122 судна.

Любое рыбопромысловое судно может быть рассмотрено с точки зрения природно-технической системы, оказывающей негативное воздействие на окружающую среду. При этом влияние будет проявляться в отношении всех природных сред. Рассматривая выбросы в атмосферный воздух в целом, и углеродный след в частности, следует отметить, что основным источником загрязнения будет судовая энергетическая установка (СЭУ). Это сердце судна, состоящее из главной энергетической установки, вспомогательной и электроэнергетической. Анализ технических характеристик рыбопромысловых судов показал, что СЭУ представлены преимущественно двигателями внутреннего сгорания, относящимися к числу наиболее экономичных. Их КПД достигает 50 – 51 %, однако и в них теряется значительное количество теплоты с выпускными газами (около 30 – 40 %) и с охлаждающими средами – водой, маслом – около 10 – 20 %. Потребляемый при работе СЭУ воздух после использования поступает в атмосферу вновь в виде отработавших выпускных газов, структура которых зависит от типа используемого топлива, условий его сгорания, технологической нагрузки и ряда других параметров. И в России, и за рубежом для обеспечения СЭУ используется три вида судового топлива: мазут, дизельное топливо и газойль [12]. Однако, как правило, работающие на промысле суда используют более дешевое тяжелое сернистое топливо. Оно является причиной более интенсивного загрязнения атмосферного воздуха



**Рис. 1. Схема рыбопромыслового районирования
Дальневосточного рыбохозяйственного бассейнов:**

61 – рыбопромысловая зона России: северо-западная часть Тихого океана: 01 – Западно-Беринговоморская; 02 – Восточно-Камчатская; 02.1 – подзона Карагинская; 02.2 – подзона Петропавловско-Командорская; 03 – Северо-Курильская; 03.1 – Тихоокеанская; 03.2, 04.2 – Охотоморская; 04 – Южно-Курильская; 04.1 – Тихоокеанская; 05 – Охотское море; 05.1 – Северо-Охотоморская; 05.2 – Западно-Камчатская; 05.3 – Восточно-Сахалинская; 05.4 – Камчатско-Курильская; 06 – Японско море; 06.1 – Приморье; 06.2 – Западно-Сахалинская

не только углекислым газом, оксидами азота, серы, летучими органическими соединениями, но и увеличивает изнашивание СЭУ. Концентрация токсикантов в структуре выбросов зависит от типа двигателя, режима работы, конструкции камеры сгорания и некоторых других факторов [13].

Анализ параметров промысла показал, что рыбопромысловый флот, осуществляющий деятельность в северо-восточном секторе Охотского моря, можно разделить по мощности судовых энергетических установок – основных источников загрязнения атмосферного воздуха:

- 1 группа – с мощностью более 7000 кВт (71 судно);
- 2 группа – с мощностью от 3000 до 7000 кВт (28 судов);
- 3 группа – с мощностью менее 3000 кВт (23 судна).

В каждой группе выделен типовой проект судна: БАТМ типа «Пулковский Меридиан», проект 1288, СРТМ типа «Невельск» и СТР типа «Альпинист», проект 503, соответствующие группам 1, 2 и 3, параметры которых легли в основу расчета углеродного следа, выполненного согласно методическим рекомендациям [7, 10, 11].

Результаты и обсуждение

Как было отмечено ранее, в Охотоморском районе работают три группы судов. Их высокая концентрация и длительность пребывания в районах промысла позволяют сделать вывод о потенциальном негативном воздействии на окружающую среду. Его проявление носит сложный комплексный характер и опирается на основные принципы динамического равновесия. Для понимания основных экологических процессов, происходящих в окружающей среде, еще в 1974 году популяризатор экологии Барри Коммонер сформулировал четыре постулата-афоризма [14], позволяющие доходчиво и емко разъяснить принципы происходящих в окружающей среде процессов, в том числе и при реализации антропогенной деятельности: все связано со всем, все должно куда-то деваться, ничто не дается даром, природа знает лучше. В соответствии с этим становится понятно, что воздействие выбросов рыбопромыслового флота не ограничивается только негативным влиянием на атмосферный воздух. Нарушение круговорота углекислого газа может стать причиной не только парникового эффекта, но и закисления океана и ряда других процессов, нарушающих нормальное функционирование морских экосистем.

Наиболее наглядно это можно проследить на примере сажи, которая в отличие от углекислого газа хорошо видна невооруженным глазом. Сажа (твердые вещества) является продуктом неполного сгорания топлива. После выброса в атмосферу она может сохраняться во взвешенном состоянии над водной поверхностью до нескольких часов (в зависимости от ветровых и иных условий). Сажистые выбросы принято различать по цвету: черные (сажистые), голубые (масляные), белые (топливные), при этом по цвету выбрасываемого шлейфа можно судить о состоянии топливной аппаратуры. Белый и голубой дым состоит из капель несгоревшего топлива и масла. Черный – наиболее характерный для судовых дизелей – представляет собой агломераты полиароматических углеводородов относительно крупного размера (до $N \cdot 10^{-7}$), являющиеся продуктом крекинга, дегидрогенизации и полимеризации капель углеводородного топлива [13]. Токсичность самой сажи невелика, но она обладает высокой степенью адсорбции и способна поглощать параллельно выбрасываемые вещества, как высокотоксичные (бензо(а)пирен, формальдегиды, альдегиды и др.), так и относительно нейтральные (углекислый газ), что в итоге делает сажу судовых дизелей канцерогенным продуктом, оседающим на морскую поверхность и вступающую в физико-химические процессы, происходящие на морской акватории. Согласно [15], поступление токсикантов, образующихся при неполном сгорании топлива в морскую акваторию, является причиной вспышек заболеваний рыб и их гибели. Закисление океана приводит в первую очередь к изменению рН, что отражается на жизнеспособности планктона, являющегося фундаментом трофической пирамиды морской экосистемы. Повышение рН приводит к увеличению образования аммиака в воде, а учитывая, что в ходе азотистого обмена более половины его выделяется через жабры в виде аммония, то наличие аммиака приводит к отравлению, поскольку рыбы не могут освободиться от избытка азота. А на фоне низкого содержания кислорода, токсичность аммония увели-

чивается. Таким образом, поллютанты, выбрасываемые в атмосферу во время промысла минтая, могут стать причиной сокращения его популяции.

Для понимания объемов поступающих в атмосферный воздух парниковых газов в период промысла минтая проведены расчеты эмиссии CO₂-эквивалента (CO₂e) для типовых проектов судов, работающих в Охотоморском районе. При этом расход топлива определялся исходя из проектных параметров судна через зависимость автономности плавания и объема топливных танков, а число судосудок подразумевает, что одна судовая единица находится на промысле весь разрешенный правилами рыболовства период (110 суток). Таким образом, в соответствии с положениями Федерального закона № 296-ФЗ от 02.07.2021 г. и рекомендациями Приказа Министерства природных ресурсов и экологии № 371 от 27.05.2022 г. установлено, что в ходе минтаевой путины совокупная масса выбросов CO₂e судами 1 – 3 групп составляет 614 825,2 т. Учитывая, что реальная продолжительность промысла может быть меньше установленного правилами рыболовства периода, был также проведен расчет суточной эмиссии выбросов для каждой судоединицы, работающей на путине, что позволит скорректировать данные при расчете углеродного следа (табл. 1).

Согласно требованиям экологического законодательства при превышении объема выбросов парниковых газов более 50 000 т предприятия с 01 января 2025 г. должны сдавать ежегодную отчетность по форме 2-ТП (воздух), непредоставление которой влечет за собой дополнительные расходы в виде ограничений и штрафов.

Как известно, парниковые газы обладают разной парниковой активностью и, соответственно, в разной степени воздействуют на окружающую среду. Так, моделирование климатических процессов [16] показало, что в течение 100 лет 1 т метана удерживает столько же тепла, сколько 25 т углекислого газа, а тонна закиси азота эквивалентна 298 т CO₂.

Для оценки суммарных выбросов в атмосферный воздух в процессе рыбного промысла проанализирована их качественная структура. Номенклатура судовых выбросов включает 8 типов загрязняющих веществ. Количественные показатели (максимально разовый выброс – МР, г/с и выброс за период работы – ПР, т/период) рассчитаны с учетом параметров

Таблица 1

Совокупная масса эмиссии CO₂e за время промысла минтая

Группа судов	Средний расход топлива / сутки, т	Число судов на промысле, ед.	Количество судосудок на промысле	Масса использованного топлива, т	Эмиссия CO ₂ e, т	
					Сутки / судно	Всего
1	18	71	7810	140 580	56,68	442 670,8
2	12	28	3080	36 960	37,79	116 393,2
3	7	23	2530	17 710	22,04	55 761,2
Итого		122	13420	19 5250	116,51	614 825,2

метров энергетических установок выделенных групп судов, типов топлива, режимов работы и специфики природно-климатических особенностей района промысла. Полученные результаты приведены в табл. 2 и 3 и отражают идеальную картину воздействия флота на атмосферный воздух, поскольку каждое отдельное судно в зависимости от физического состояния топливно-энергетической системы может содержать больше вредных веществ в отработанных газах, что рассчитывается индивидуально, равно как и фактическое участие каждого судна на промысле.

Распоряжением Правительства Российской Федерации 22 октября 2021 года № 2979-р утвержден перечень парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов. В соответствии с перечнем ведется кадастр следующих парниковых газов: диоксид углерода, метан, закись азота (монооксиддизота), гексафторид серы, гидрофторуглероды, перфторуглероды и трифторид азота. Как известно, парниковая активность выражается через специальный коэффициент – потенциал глобального потепления (ПГП), введенный в 1997 году Киотским протоколом, который устанавливается исходя из способности газа задерживать солнечную радиацию. Потенциал глобального потепления лежит в основе

Таблица 2

Расчетные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух за период промысла одной судовой единицей

Загрязняющее вещество	1 группа		2 группа		3 группа	
	МР, г/с	ПР, т/период	МР, г/с	ПР, т/период	МР, г/с	ПР, т/период
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	13,066667	48,600000	10,304	33,6	4,576	20,8
Азота оксид (азот (II) оксид)	2,1233333	7,897500	1,6744	5,46	0,7436	3,38
Углерод (сажа)	0,6805556	2,618333	0,5366667	1,8	0,2658333	1,2
Сера диоксид (ангидрид сернистый)	2,7222222	10,340000	2,1466667	7,2	0,8433333	3,9
Углерод оксид	10,305556	38,213333	8,1266667	26,4	3,6483333	16,6
Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	0,0000214	0,000078	0,0000169	0,000054	0,0000073	0,0000345
Формальдегид	0,1944444	0,696000	0,1533333	0,48	0,0696667	0,31
Керосин	4,6666667	17,383333	3,68	12	1,6775	7,6
Всего		125,748578		86,940054		53,790035
в том числе:						
твердые		2,618411		1,800054		1,200035
жидкие и газообразные		123,130167		85,140000		52,590000

Таблица 3

**Суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
за время промысла (т/период)**

Загрязняющее вещество	1 группа	2 группа	3 группа
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	3450,6	940,8	478,4
Азота оксид (азот (II) оксид)	560,7225	152,88	77,74
Углерод (сажа)	185,9016	50,4	27,6
Сера диоксид (ангидрид сернистый)	734,14	201,6	89,7
Углерод оксид	2713,1466	26,4	381,8
Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	0,005538	0,001512	0,0007935
Формальдегид	49,416	13,44	7,13
Керосин	1234,21664	336	174,8
Всего	8928,14888	1721,521512	1237,170794
в том числе:			
твердых	185,907138	50,401512	27,6007935
жидких и газообразных	8742,24174	1671,12	1209,57

пересчета величин выбросов в эквивалент диоксида углерода (на горизонте 100 лет). Так, расчетное время существования закиси азота в атмосфере составляет 114 лет, при этом ПП имеет значение 298 [17]. То есть, при выбросе, например, 50 т закиси азота, его CO₂-эквивалент составит 14 900 т. Расчеты показывают, что к категории учетных газов можно отнести только соединения азота, однако в соответствии с [12] в их числе отсутствует закись азота (см. табл. 2, 3). Руководствуясь методиками решения типовых расчетных химических задач [18], проведен их пересчет в N₂O-эквивалент (табл. 4).

Таблица 4

**Пересчет выбросов диоксида и оксида азота
в эквивалент монооксидадиазота**

Загрязняющее вещество	1 группа		2 группа		3 группа	
	ПР, т/период	N ₂ O-эквивалент, т/период	ПР, т/период	N ₂ O-эквивалент, т/период	ПР, т/период	N ₂ O-эквивалент, т/период
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	48,600	23,243	33,6	16,069	20,8	9,948
Азота оксид (азот (II) оксид)	7,897	5,791	5,46	4,004	3,38	2,479
Всего		29,034		20,073		12,427

Таблица 5

**Условный углеродный след за время промысла минтая
в Охотском море, т**

Группа	Приказ № 371	Приказ № 273
1	442 670,8	614 601,37
2	116 393,2	167 489,11
3	55 761,2	85 174,658
Итого	614 825,2	867 265,1

Исходя из количества судов каждой группы, работающих на промысле минтая, 1 группа судов выделяет в атмосферный воздух N_2O -эквивалент в объеме 2061,414 т/период, 2 группа – 562,044 т/период и 3 группа – 285,821 т/период. Чтобы рассчитать объем CO_2 -эквивалент, полученные значения следует умножить на утвержденный коэффициент пересчета. В результате углеродный след 1 группы судов составит 614 601,37 т/период, 2 группы – 167 489,11 т/период и 3 группы – 85 174,658 т/период. Таким образом, расчетный ежегодный углеродный след в районе промысла минтая в Охотском море в соответствии с [12] будет равен 867 265,1 т/период. Сравнительный анализ результатов расчетов, полученных по разным методикам, приведен в табл. 5.

Заключение

Расчетный объем CO_2 -эквивалента, выполненный на основе данных о выбросах, полученных в соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии № 273 от 06.06.2017 г. выше, чем в соответствии с расчетом, алгоритм которого приведен в Приказе Министерства природных ресурсов и экологии № 371 от 27.05.2022 г и составляет 867 265,1 и 614 825,2 т/период соответственно (см. табл. 5). По мнению авторов, это связано с многоступенчатостью пересчета соединений азота в CO_2 -эквивалент, что приводит к деформации результата из-за многократно используемых коэффициентов трансформации. Результаты расчетов, проведенных на основе Приказа № 371, считать в полной мере корректными также ошибочно. Это связано с тем, что в данной методике получение значения N_2O для судовых энергетических установок непрозрачно, учитываются только выбросы CO_2 , значения которых при расчете количества загрязняющих веществ и их рассеивания не учитываются. Еще в июле 2024 года ассоциация судовладельцев рыболовного флота обратилась в Минэкономразвития РФ с предложением отказаться от оценки объемов выбросов парниковых газов с учетом удельных коэффициентов, поскольку это приведет к дополнительным расходам на организацию, с одной стороны, и штрафам в случае возможных ошибок, с другой [19]. Однако результаты на текущий момент отсутствуют. Принимая во внимание обязательства судов с 01.01.2025 года не только сдавать ежегодную отчетность по форме 2-ТП (воздух), но и оплачивать углеродный сбор в случае превышения допустимого объема выбросов в 150 000 т эквива-

лента CO₂, задача внедрения корректной системы расчетов становится весьма актуальной и должна быть основана не столько на стратегии низкоуглеродного развития экономики, но и на корректных обоснованных показателях, определяющих алгоритм расчета выбросов.

Список литературы

1. The Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform. Washington: World Bank Publications, 2009. – 128 p. – URL : <https://www.cbd.int/financial/values/g-economifish-worldbank.pdf> (дата обращения: 0.03.2025).
2. Adding perspectives to: “Global trends in carbon dioxide (CO₂) emissions from fuel combustion in marine fisheries from 1950 – 2016” / F. Ziegler, O. R. Eigaard, R. W. R. Parker, P. Tyedmers, E. S. Hognes, S. Jafarzadeh // Marine Policy. – 2019. – Vol. 107 (Part 5). – Art. 103488. doi: 10.1016/j.marpol.2019.03.001
3. Thrane, M. Energy Consumption in the Danish Fishery: Identification of Key Factors // Journal of Industrial Ecology. – 2004. – Vol. 8, No. 1-2. – P. 223 – 239. doi: 10.1162/1088198041269427
4. Carbon footprint and energy use of Norwegian seafood products / E. S. Hognes, U. Winther, H. Ellingsen, F. Ziegler, A. Emanuelsson, V. Sund. – 2009. SINTEF Report Nr. SHF80 A096068. – 91 p. doi:10.1201/b11810-152
5. Fuel use and greenhouse gas emissions of world fisheries / R. W. R. Parker, J. Blanchard, C. Gardner, B. S. Green, K. Hartmann, P. Tyedmers, R. Watson // Nature Climate Change. – 2018. – Vol. 8, No. 4. – P. 333 – 337. doi: 10.1038/s41558-018-0117-x
6. Low impact and fuel efficient fishing – Looking beyond the horizon / P. Suuronen, F. Chopin, C. Glass, S. Løkkeborg, Y. Matsushita, D. Queirolo, D. Rihan // Fisheries Research. – 2012. – Vol. 119–120. P. 135 – 146. doi: 10.1016/j.fishres.2011.12.009
7. Industry. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona [et al.] (Ed.); Asian Institute of Technology. – Cambridge University Press, 2014. – 1436 p.
8. Annex 5. Resolution Мерс. 308(73) (Adopted on 26 October 2018). 2018 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships. – URL : [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.308\(73\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.308(73).pdf) (дата обращения: 10.03.2025).
9. Annex 9. Resolution Мерс. 364(79). 2022 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships. – URL : [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.364\(79\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.364(79).pdf) (дата обращения: 10.03.2025).
10. Методика расчета выбросов парниковых газов (CO₂-эквивалента). Расчет парниковых газов от энергетической деятельности предприятий (сжигание топлива). – URL : <https://sro150.ru/metodiki/371-metodika-rascheta-> (дата обращения: 10.03.2025).
11. Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе : Приказ от 06.06.2017 № 273. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/456074826> (дата обращения: 10.03.2025).
12. Corbett, J. J. Emissions tradeoffs among alternative marine fuels: total fuel cycle analysis of residual oil, marine gas oil, and marine diesel oil // J. J. Corbett, J. J. Winebrake // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2008. – Vol. 58, No. 4. – P. 538 – 542. doi: 10.3155/1047-3289.58.4.538

13. Маркевич, В. А. Средства защиты моря от загрязнения при эксплуатации СЭУ : учеб. пособие / В. А. Маркевич. – Л. : ЛКИ, 1983. – 36 с.
14. Коммонер, Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология : пер. с англ. / Б. Коммонер. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 280 с.
15. Осипова, Н. И. Охрана окружающей среды в рыбном хозяйстве : учеб. пособие для сред. ПТУ / Н. И. Осипова. – М. : Агропромиздат, 1986. – 70 с.
16. Скворцов, В. А. Моделирование физико-химических условий изменения климата на планете / В. А. Скворцов, К. В. Чудненко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 2(34). – С. 120 – 128.
17. Об утверждении перечня парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов парниковых газов и ведение кадастра парниковых газов : Распоряжение Правительства РФ № 2979-р от 22 октября 2021 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/726571956> (дата обращения: 10.03.2025).
18. Журавлева, Ю. И. Методика решения задач по химии. Часть 1. Решение типовых расчетных задач / Ю. И. Журавлева, К. А. Игнатьева. – Казань : Казан. ун-т, 2016. – 40 с.
19. АСРФ: Методика оценки выбросов парниковых газов будет скорректирована. – URL: <https://portnews.ru/news/365762/> (дата обращения: 10.03.2025).

References

1. available at: <https://www.cbd.int/financial/values/g-economifish-worldbank.pdf> (accessed 10 March 2025).
2. Ziegler F., Eigaard O.R., Parker R.W.R., Tyedmers P., Hognes E.S., Jafarzadeh S. Adding perspectives to: “Global trends in carbon dioxide (CO₂) emissions from fuel combustion in marine fisheries from 1950 – 2016”, *Marine Policy*, 2019, vol. 107 (Part 5), Art. 103488. doi: 10.1016/j.marpol.2019.03.001
3. Thrane M. Energy Consumption in the Danish Fishery: Identification of Key Factors, *Journal of Industrial Ecology*, 2004, vol. 8, no. 1-2, pp. 223-239. doi: 10.1162/1088198041269427
4. Hognes E.S., Winther U., Ellingsen H., Ziegler F., Emanuelsson A., Sund V. *Carbon footprint and energy use of Norwegian seafood products*, 2009. SINTEF Report Nr. SHF80 A096068, 91 p. doi:10.1201/b11810-152
5. Parker R.W.R., Blanchard J., Gardner C., Green B.S., Hartmann K., Tyedmers P., Watson R. Fuel use and greenhouse gas emissions of world fisheries, *Nature Climate Change*, 2018, vol. 8, no. 4, pp. 333-337. doi: 10.1038/s41558-018-0117-x
6. Suuronen P., Chopin F., Glass C., Løkkeborg S., Matsushita Y., Queirolo D., Rihan D. Low impact and fuel efficient fishing – Looking beyond the horizon, *Fisheries Research*, 2012, vol. 119-120, pp. 135-146. doi: 10.1016/j.fishres.2011.12.009
7. Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y. [et al.] (Ed.); Industry. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Asian Institute of Technology, Cambridge University Press, 2014, 1436 p.
8. available at: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.308\(73\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.308(73).pdf) (accessed 10 March 2025).
9. available at: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.364\(79\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.364(79).pdf) (accessed 10 March 2025).
10. available at: <https://sro150.ru/metodiki/371-metodika-rascheta-> (accessed 10 March 2025).
11. available at: <https://docs.cntd.ru/document/456074826> (accessed 10 March 2025).
12. Corbett J.J., Winebrake J.J. Emissions tradeoffs among alternative marine fuels: total fuel cycle analysis of residual oil, marine gas oil, and marine diesel oil,

Journal of the Air & Waste Management Association, 2008, vol. 58, no. 4, pp. 538-542.
doi: 10.3155/1047-3289.58.4.538

13. Markevich V.A. *Sredstva zashchity morya ot zagryazneniya pri ekspluatatsii SEU: ucheb. posobiye* [Means of protecting the sea from pollution during operation of power plants: a textbook], Leningrad: LKI, 1983, 36 p. (In Russ.)

14. Kommoner B. *Zamykayushchiysya krug. Priroda, chelovek, tekhnologiya* [Closing circle. Nature, man, technology], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974, 280 p. (In Russ.)

15. Osipova N.I. *Okhrana okruzhayushchey sredy v rybnom khozyaystve: ucheb. posobiye dlya sred. PTU* [Environmental protection in the fisheries industry: a textbook for secondary vocational schools], Moscow: Agropromizdat, 1986, 70 p. (In Russ.)

16. Skvortsov V.A., Chudnenko K.V. [Modeling of physicochemical conditions of climate change on the planet], *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye* [Modern technologies. Systems analysis. Modeling], 2012, no. 2(34), pp. 120-128. (In Russ., abstract in Eng.)

17. available at: <https://docs.cntd.ru/document/726571956> (accessed 10 March 2025).

18. Zhuravleva Yu.I., Ignat'yeva K.A. *Metodika resheniya zadach po khimii. Chast' 1. Resheniye tipovykh raschetnykh zadach* [Methodology for solving problems in chemistry. Part 1. Solution of typical calculation problems], Kazan': Kazan. universitet, 2016, 40 p. (In Russ.)

19. available at: <https://portnews.ru/news/365762/> (accessed 10 March 2025).

Carbon Footprint in the Domestic Pollock Trawl Fishery

A. A. Maiss, Ya. Yu. Blinovskaya, E. V. Kirianova, L. I. Sokolova

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia;

Far Eastern State Technical Fishery University, Vladivostok, Russia

Keywords: emissions into the atmosphere; Sea of Okhotsk; pollock trawl fishery; carbon footprint.

Abstract: An attempt was made to calculate the carbon footprint using the example of the largest domestic pollock fishery, which is carried out in the northeastern part of the Sea of Okhotsk and takes place from January 1 to April 9 of each year. This fishery provides for the catch of about 1 million tons of pollock out of 5 million tons of the total Russian catch. The parameters of the fishery were analyzed. It was noted that an average of 122 vessels are involved in it annually, which are divided by the capacity of the ship's power plants – the main sources of air pollution: Group 1 – with a capacity of more than 7,000 kW, 2 – from 3,000 to 7,000 kW, 3 – less than 3,000 kW. In each group, a standard vessel design was identified, the parameters of which formed the basis for calculating the carbon footprint. Taking into account the operational and technical characteristics of the vessels, the types of fuel used, the production process and the natural and climatic conditions of the fishing area, it was calculated that 221,776 tons of carbon are emitted into the atmosphere during the pollock fishery in the selected area.

© A. A. Майсс, Я. Ю. Блиновская, Е. В. Кирьянова, Л. И. Соколова, 2025