

Научная статья**УДК 656.61.08:504.06(98)****DOI: 10.21209/2227-9245-2025-31-4-17-26****Арктический эко-стандарт как геоэкологический подход к экологической безопасности****Яна Евгеньевна Бразовская**

Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова,
г. Санкт-Петербург, Россия
bye2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4449-2209>

Актуальность исследования обусловлена тем, что ускоренный рост судоходства по Северному морскому пути на фоне стремительных климатических изменений создаёт комплекс специфических рисков для уязвимой арктической экосистемы. Проблема усугубляется старением флота, в результате чего преобладающей причиной инцидентов на море является отказ машинного оборудования. Объект исследования – арктическая экосистема в условиях многофакторной антропогенной нагрузки от судоходной деятельности. Цель исследования – формирование научно-методического аппарата для снижения антропогенного воздействия от морского судоходства посредством совершенствования системы оценки геоэкологических последствий антропогенного воздействия и разработки проактивных механизмов контроля. Задача исследования – разработать механизм демпфирования антропогенного воздействия на морскую экосистему от судоходства в высоких широтах. Использованы методический междисциплинарный подход, включающий системный анализ взаимосвязей между судоходством и экосистемой, статистическую обработку больших массивов данных по аварийности и грузопотоку, метод экспертных оценок квалифицированных специалистов морского транспорта и экологии, геоэкологический анализ антропогенного воздействия на арктические экосистемы, многокритериальный метод PROMETHEE для прозрачного ранжирования судов. В результате исследования сформулирован вывод о том, что существующая регуляторная система является низкоэффективной для проактивного управления рисками. Разработана концепция арктического эко-стандарта, основанного на методе PROMETHEE и позволяющего присваивать судам интегральный рейтинг по трём группам критерии, таким как экологичность, технологичность и оперативная готовность. Внедрение стандарта создаст мощные экономические стимулы для инвестиций в экологически чистые технологии, обеспечит переход от формального документооборота к прогностическому количественному подходу и позволит контролирующим органам принимать дифференцированные обоснованные решения на основе фактической оценки рисков каждого судна.

Ключевые слова: Северный морской путь, Арктика, безопасность судоходства, Полярный кодекс, управление рисками, экологическая безопасность, сертификация судов, старение флота, арктический эко-стандарт, метод PROMETHEE

Для цитирования

Бразовская Я. Е. Арктический эко-стандарт как геоэкологический подход к экологической безопасности // Вестник Забайкальского государственного университета. 2025. Т. 31, № 4. С. 17–26. DOI: 10.21209/2227-9245-2025-31-4-17-26

Original article**The Arctic Eco-Standard as a Geoecological Approach to Environmental Safety****Yana E. Brazovskaya**

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg, Russia
bye2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4449-2209>

Relevance of the study is determined by the fact that exponential growth of shipping along the Northern Sea Route against the backdrop of rapid climate change creates a complex of specific risks for the region's vulnerable natural environment. Moreover, the problem is exacerbated by fleet aging, resulting in machinery failure being the predominant cause of maritime incidents. Accordingly, the research object is the Arctic natural environment under conditions of multifactorial anthropogenic pressure from shipping activities. The aim is to develop a scientific and methodological framework for reducing anthropogenic impact from maritime shipping through improvement of the geoecological risk assessment system and development of proactive control mechanisms. The task is to develop a comprehensive methodology for assessing anthropogenic pressure and compensating damage from shipping in the Arctic zone, taking into account the specific and variable conditions of the region. A methodological interdisciplinary approach has been applied, including: systemic analysis of interrelations between shipping and the natural environment as interdependent systems; statistical processing

© Бразовская Я. Е., 2025



Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

of large data arrays on accident rates and cargo flows; expert assessment method involving qualified specialists in maritime transport and ecology; geoecological analysis of anthropogenic impact on Arctic ecosystems; multicriteria PROMETHEE method for transparent vessel ranking. The results and conclusions indicate that the existing regulatory system is ineffective for proactive risk management. The concept of an Arctic Eco-Standard has been developed, based on the PROMETHEE method and allowing vessels to be assigned an integral rating according to three groups of criteria: environmental performance, technological advancement and operational readiness.

Keywords: Northern Sea Route, Arctic, shipping safety, Polar Code, risk management, environmental safety, vessel certification, aging fleet, Arctic eco-standard, PROMETHEE method

For citation

Brazovskaya Ya. E. The arctic eco-standard as a geoecological approach to environmental safety // Transbaikal State University Journal. 2025. Vol. 31, no. 4. P. 17–26. DOI: 10.21209/2227-9245-2025-31-4-17-26

Введение. Северный морской путь (СМП) приобретает всё большую стратегическую значимость как ключевой транспортный коридор, обеспечивающий сокращение расстояния между портами Северо-Западной Европы и Северо-Восточной Азии¹. Например, маршрут от г. Мурманска до Иокогамы (Япония) через СМП составляет 5 770 морских миль, что на 57,6 % короче традиционного пути через Суэцкий канал, длина которого достигает 12 840 морских миль². Значительное сокращение пути, по оценке Б. Гуннарссона и А. Мое, достигающее 30–50 % по сравнению с южными маршрутами, приводит к существенной экономии времени и топлива [1, с. 5]. Интенсификации судоходства в Арктике способствуют климатические изменения, происходящие на нашей планете, особенно в северных широтах. Следует учитывать, что морское судоходство становится источником комплексного многофакторного давления на природную среду. С учётом явной недостаточности существующей системы регулирования и оценки такого воздействия возникает острая научная и практическая необходимость в преодолении этого разрыва путём разработки нового комплексного научно-методического аппарата.

Актуальность темы исследования обусловлена экспоненциальным ростом грузопотока. В 2024 г. объём грузоперевозок по СМП достиг рекордных 37,9 млн т, превысив результат предыдущего рекордного года на 1,6 млн т³. Количество разрешений на пла-

вание по арктической трассе в 2024 г. установило новый максимум, составив 1312⁴, что является самым высоким показателем за всю историю действия разрешительного порядка. Отмечается и рост транзитных перевозок через акваторию СМП, которые в 2024 г. достигли нового исторического максимума – более 3 млн т, перевезённых в рамках 92 рейсов⁵.

Рост арктической активности требует от регулирующих органов кардинального изменения подходов к контролю – от реактивной проверки документооборота к прогнозированию рисков. Необходимо создание интегрированной системы, которая выходит за рамки формального подтверждения сертификации и обеспечивает анализ фактических технологических и экологических угроз для каждого судна с учётом специфических и изменчивых условий региона.

Объект исследования – арктическая экосистема в условиях интенсификации морского судоходства по СМП.

Предмет исследования – разработка механизмов предупреждения и минимизации антропогенной нагрузки.

Цель исследования – формирование научно-методического аппарата для снижения антропогенной нагрузки от морского судоходства посредством совершенствования системы оценки геоэкологических рисков от судоходной деятельности.

Задача исследования – разработать механизм демпфирования антропогенного воздействия на морскую экосистему от судоходства в высоких широтах.

Степень научной разработанности темы исследования подтверждается трудами ведущих специалистов. Б. Гуннарссон и А. Мое анализируют тенденции международно-

¹ Северный морской путь для развития международной торговли. – Текст: электронный // Евразийский экономический портал. – URL: <https://clck.ru/3Qwucl> (дата обращения: 21.09.2025).

² 90 лет со времени первого сквозного прохождения Северного морского пути. – Текст: электронный // Русское географическое общество. – URL: <https://clck.ru/3QwufP> (дата обращения: 21.09.2025).

³ Объём грузоперевозок по Северному морскому пути установил рекорд. – Текст: электронный // ФГУП «Атомфлот». – URL: <https://clck.ru/3Qwucl> (дата обращения: 21.09.2025).

⁴ Северный морской путь побил рекорд по общему грузоперевозок в 2024 г. – URL: <https://clck.ru/3Qwugs> (дата обращения: 21.09.2025). – Текст: электронный.

⁵ Рост грузопотока по Северному морскому пути. – Текст: электронный // GROWEX GROUP. – URL: <https://clck.ru/3Qwuho> (дата обращения: 21.09.2025).

го судоходства в Арктике [1], М. Рантанен и соавторы – климатические изменения региона [2], Г. Сандер и Е. Миккельсен выделяют особенности распределения трафика, его сезонные и типовые отличия [3]. Ю. Чен и К. Чэнг рассматривают вопросы декарбонизации арктического судоходства [4], а Ф. Заплетал [5], Х. Тахердуст [6] обосновывают применение метода PROMETHEE для комплексной оценки экологических и управлеченческих рисков. В настоящей статье автор опирается на их выводы, сопоставляя статистику аварийности и динамики грузопотока с недостатками действующих нормативных режимов и необходимостью интеграции новых стандартов.

Методология и методы исследования.

Методологическую основу исследования составил междисциплинарный подход, базирующийся на совокупности общен научных и специальных методов, таких как:

1) системный подход – для рассмотрения арктической природной среды и судоходства как взаимосвязанных систем;

2) статистический анализ – для обработки больших массивов данных;

3) метод экспертизы оценок – для получения квалифицированных суждений специалистов;

4) геоэкологический анализ – для исследования взаимосвязей между антропогенной деятельностью и природной средой;

5) прогнозирование и оценка рисков – для предвидения последствий и разработки мер по их минимизации.

Арктический регион переживает климатические изменения, которые создают новые и усиливают существующие вызовы для морского судоходства. Данные исследования М. Рантанена и соавторов демонстрируют, что Арктика теплеет в 3,8 раза быстрее, чем в среднем по планете. Так, в то время как глобальная средняя температура растёт на $0,19^{\circ}\text{C}$ за десятилетие, в Арктике этот показатель составляет $0,73^{\circ}\text{C}$ [2, с. 3]. Стремительный рост температур приводит к значительному сокращению площади морского льда, которая, по данным наблюдений, уменьшается на 12,2–13 % за десятилетие¹. К примеру, по данным Copernicus Climate Change Service, среднемесячная площадь арктического морского льда в сентябре 2023 г. достигла своего годового минимума в 4,8 млн km^2 , что на 18 % ниже среднего пока-

зателя за 1991–2020 гг.² Рекордный минимум зафиксирован в 2012 г., когда площадь льдов достигла всего 3,41 млн km^2 [7].

Хотя таяние льдов способствует интенсификации морского судоходства, главная проблема для судоходства состоит не в том, что льда стало меньше, а в том, что он стал непредсказуемым, как указывают исследователи [8, с. 1445]. Из-за изменения климата ледовая обстановка постоянно меняется, и судам теперь нужны не только прочные корпуса, но и современная навигация, умение быстро подстраиваться под новые условия. Даже ледоколы высокого класса рискуют больше, чем раньше, т. к. без хорошего прогноза и постоянного мониторинга обстановки не обойтись. Арктические операции характеризуются комплексом специфических рисков, существенно превышающих стандартные показатели. Как показано в одном из исследований, основные операционные угрозы включают воздействие экстремальных температур на функционирование оборудования и изменение физико-механических свойств материалов, обледенение надстроек с последующим снижением остойчивости, а также механические повреждения корпуса, рулевых устройств и движительного комплекса при навигации в ледовых условиях [9].

Экологические риски также представляют особую категорию угроз. Как рассмотрено Дж. И. Хобби и соавторами, арктические экосистемы обладают низкой восстановительной способностью, при этом возможности аварийного реагирования крайне ограничены из-за территориальной удалённости, отсутствия развитой инфраструктуры и климатических факторов [10]. Результаты моделирования В. Ли и соавторов демонстрируют, что площадь загрязнения в ледовых условиях составила 4792,95 m^2 спустя 200 с от начала разлива. Согласно их исследованию, ледовый покров значительно ограничивает распространение нефтепродуктов: максимальная дистанция горизонтального дрейфа через 500 с в ледовых водах не превышала 0,7 км, тогда как в условиях открытой воды этот показатель достигал 1,2 км [11].

Несмотря на рост грузооборота и интенсификацию добычи углеводородов в регионе, информация о серьёзных экологических инцидентах отсутствует, что, однако, формирует иллюзию относительной безопасности. Фактически темпы роста судоходной актив-

¹ Arctic Sea Ice. – Текст: электронный // NASA Climate Change and Global Warming. – URL: <https://clck.ru/3Qwurx> (дата обращения: 21.09.2025).

² Sea ice cover for September 2023. – Текст: электронный // Copernicus Climate Change Service. – URL: <https://clck.ru/3Qwusv> (дата обращения: 21.09.2025).

ности и потенциальных экологических угроз опережают развитие систем мониторинга и аварийного реагирования, что детерминирует критическую важность превентивной сертификации судов как основного инструмента предотвращения потенциальных катастроф.

Для агрегирования приведённых разнородных критериев в единый рейтинг предлагаются использовать метод многокритериального анализа PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation) [5], который идеально подходит для решения данной задачи, т. к. позволяет проводить попарное сравнение альтернатив (судов) по каждому из критериев [6].

Основными преимуществами метода PROMETHEE являются его прозрачность и понятность для лиц, принимающих решения, поскольку он основан на так называемых «функциях предпочтения» [12], что позволяет избежать сложных, непрозрачных расчётов и делает процесс оценки интуитивно понятным. Метод также позволяет сопоставлять несопоставимые показатели (например, возраст судна в годах и уровень выбросов в г/кВт·ч), что является критически важным для комплексной оценки.

В результате применения PROMETHEE создаётся иерархический список судов, что предоставляет контролирующему органу гибкий инструмент для принятия решений. Вместо простого «да/нет» власти могут установить, например, что судно с более высоким рейтингом получает приоритет в выдаче разрешений или льготную ледокольную проводку.

Применение метода PROMETHEE является эффективным ответом на проблему, обозначенную российскими экспертами, – «слабый контроль» и «дискреция». Он позволяет перейти от субъективного подхода к прозрачному и математически обоснованному процессу, предоставляя властям чёткий механизм для оценки и ранжирования судов в зависимости от их реальной готовности и безопасности.

Научная новизна исследования заключается в разработке и обосновании концепции арктического эко-стандарта как нового геоэкологического подхода к обеспечению безопасности судоходства, который, в отличие от существующих реактивных методов регулирования, базируется на принципах проактивности и квалиметрической оценки рисков.

Проблематика безопасного освоения Арктики носит ярко выраженный междисциплинарный характер, что под-

тверждается широким спектром исследований в смежных областях. Анализ научной литературы позволяет выделить три приведённых далее основных направления, формирующих теоретический фундамент данного исследования.

1. Блок работ, посвящённых анализу грузопотоков и тенденций судоходства. Фундаментальный вклад в изучение динамики транзита и международных перевозок по СМП внесли Б. Гуннарссон и А. Моз, выявившие ключевые экономические драйверы маршрута [1]. Г. Сандер и Е. Миккельсен существенно детализировали эти данные, проведя пространственно-временной анализ трафика и выделив сезонную специфику распределения судов различных типов [3]. Однако в приведённых работах акцент смещен преимущественно на логистические и экономические аспекты, тогда как вопросы экологической безопасности рассматриваются как сопутствующие.

2. Климатические и геоэкологические исследования. М. Рантанен и соавторы [2], а также группа учёных под руководством Дж. Хобби [10] сформировали доказательную базу стремительных климатических трансформаций региона, подтвердив тезис о низкой резистентности арктических экосистем. Ю. Чен и К. Ченг [4] затрагивают вопросы декарбонизации, однако рассматривают их через призму глобальных трендов, не предлагая прикладных механизмов оценки конкретного судна в условиях ледового плавания.

3. Методологические работы по принятию решений. Эффективность метода PROMETHEE для многокритериального анализа обоснована в трудах Ф. Заплетала [5], Х. Тахердуста [6]. Тем не менее в существующем научном дискурсе практически отсутствуют исследования, адаптирующие данный математический аппарат непосредственно для задач геоэкологического регламентирования судоходства в акватории СМП.

Соответственно, несмотря на наличие глубоких исследований по отдельным аспектам (по климату, логистике, математическому моделированию), наблюдается явный дефицит комплексных работ, объединяющих эти направления для создания превентивного механизма управления экологическими рисками. Существует разрыв между констатацией уязвимости Арктики и отсутствием инструментария для выбора судов, способных работать в этих условиях без ущерба для экосистемы.

Результаты исследования. Арктический флот включает суда разных типов,

предназначенные для работы в сложных ледовых условиях, к которым относятся ледоколы, танкеры, сухогрузы и научно-исследовательские суда, а также промысловые. Наиболее интенсивный рост судоходства, согласно работе Г. Сандера и Е. Миккельсена, отмечается в юго-западной части Карского моря со среднегодовым приростом 14 %, что связано с развитием крупных нефтегазовых проектов и увеличением числа танкерных операций [3].

Значительные изменения ожидаются в регуляторной сфере. С 1 января 2026 г. действие Международного полярного кодекса (далее – Полярный кодекс) предположительно распространится на рыболовные суда длиной от 24 м и прогулочные суда валовой вместимостью от 300 GT¹. Данное расширение обусловлено обеспокоенностью природоохранных организаций относительно недостаточного уровня безопасности и экологической защиты среди ранее нерегулируемых малых судов. Включение указанных категорий отражает растущую активность менее контролируемых сегментов флота в арктических водах и актуализирует потребность в усилении регуляторных мер.

Анализ аварийности в судоходстве демонстрирует прямую корреляцию между возрастом флота и частотой инцидентов. Прежде всего отметим, что доля судов старше 25 лет увеличилась с 36 % в 2014 г. до 44 % в 2024 г.² За 2018–2024 гг. количество морских происшествий возросло на 42 % при росте численности флота лишь на 10 %³. Первостепенной причиной инцидентов являются отказы машинного оборудования, доля которых возросла с 38 % в 2014 г. до 60 % в 2024 г., а критическая роль возрастного фактора подтверждается тем, что 80 % (285 из 358) всех дополнительных инцидентов 2024 г. пришлось на суда старше 25 лет, при этом 83 % из них были обусловлены отказами машинного оборудования⁴.

В данном контексте кажущееся противоречие с исследованиями, в которых от-

¹ The Merchant Shipping (Polar Code) (Safety) Regulations 2025 Consultation. – Текст: электронный // UK Government. – URL: <https://clk.ru/3QwuzP> (дата обращения: 21.09.2025).

² Ageing fleet driving increase in incidents. – Текст: электронный // DNV. – URL: <https://clk.ru/3Qwv3B> (дата обращения: 21.09.2025).

³ Ageing fleet drives surge in maritime incidents. – Текст: электронный // DNV. – URL: <https://clk.ru/3Qwv4F> (дата обращения: 21.09.2025).

⁴ Ageing fleet driving increase in incidents. – Текст: электронный // DNV. – URL: <https://clk.ru/3Qwv5A> (дата обращения: 21.09.2025).

рицается связь между возрастом судов с действующим классом регистра и частотой кораблекрушений, разрешается при детальном анализе. Отсутствие прямой корреляции для классифицированных судов объясняется системой регулярного освидетельствования. Однако данные Allianz ещё в 2018 г. указывали на доминирование отказов оборудования среди причин арктических инцидентов (60 % случаев за 2008–2017 гг.)⁵.

Ключевая проблема состоит не в формальном документообороте, а в фактической работоспособности оборудования в экстремальных арктических условиях. Соответствие базовым стандартам, которые могут быть неадекватными для возрастных судов, не исключает рисковых факторов. Следовательно, обеспечение арктической безопасности требует не только документального подтверждения, но и прогнозирования потенциальных угроз, связанных с износом и старением критически важных систем.

Полярный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах, является значительным шагом вперёд в международном регулировании [4]. Он разработан с целью повышения безопасности навигации и защиты окружающей среды в полярных регионах, вступив в силу 1 января 2017 г.⁶ Однако, как отмечают российские эксперты, у него есть существенные недостатки [13].

Основной проблемой является его «целевой» (goal-based) подход, в отличие от «предписывающего» (prescriptive), соответственно, Полярный кодекс описывает ожидаемый результат, но не всегда детально регламентирует, как его достичь. Такая гибкость, с одной стороны, позволяет применять инновационные решения, с другой – оставляет многое «на усмотрение» администрации флага, судовладельцев и классификационных обществ.

На практике приведённый подход создаёт проблему слабого контроля и приводит к формированию регуляторного вакуума, который может быть использован недобросовестными операторами. Например, в июле 2025 г. контейнеровоз *Istanbul Bridge*, построенный в 2000 г., получил разрешение на плавание

⁵ Fast changing Arctic conditions bring new route risks for ships. – Текст: электронный // Safety4Sea. – URL: <https://clk.ru/3Qwv7j> (дата обращения: 21.09.2025).

⁶ Резолюция MSC.385(94): [принята 21 ноября 2014 г.]: Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс). – Текст: электронный // CNTD.RU. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420376046> (дата обращения: 21.09.2025).

в акватории СМП, при этом судно не имеет ледового усиления и, «вероятно, во время плавания будет использовать тяжёлое топливо или бункерное топливо», несмотря на существующие ограничения¹. Таким образом, действующая система не всегда эффективно препятствует допуску потенциально опасных судов в Арктику. Требуется система, которая позволяет уйти от формального соответствия минимальным стандартам к проактивному, количественно обоснованному принятию решений.

Экологическое регулирование в Арктике претерпевает развитие с рядом существенных ограничений. Ключевым нововведением является международный запрет на использование тяжёлого мазута (HFO), введённый IMO с 1 июля 2024 г. для защиты арктических экосистем от воздействия наиболее токсичных и персистентных нефтепродуктов. Стоит отметить, что указанный запрет предполагает значительные исключения. Так, запрет не распространяется на суда аварийно-спасательных служб и предусматривает отсрочки до 1 июля 2029 г. для судов с защищёнными топливными системами, а также для судов прибрежных государств в пределах их юрисдикционных вод². Указанные исключения создают возможности для операторов возрастного флота продолжать использовать высокорискованные виды топлива в арктических водах.

Разработанная автором концепция арктического эко-стандарта представляет собой новый подход к судовой сертификации, базирующийся на проактивном количественном анализе арктической готовности. Цель данного стандарта выходит за рамки простого разрешительного принципа и предполагает присвоение каждому судну интегрального рейтинга, отражающего фактические показатели экологической безопасности и технологической адекватности. Такая система обеспечивает контролирующие органы, включая ФГБУ «Главсевморпуть», инструментами для дифференцированного принятия решений относительно ледокольного сопровождения, установления опера-

ционных ограничений и других регуляторных мер. Для реализации концепции стандарта необходимо определить набор критериев, которые будут охватывать все ключевые аспекты безопасности и экологичности судна. Данные критерии должны выходить за рамки минимальных требований Полярного кодекса и включать как качественные, так и количественные показатели, которые следует разделить на три группы: экологичность, технологичность и оперативная готовность.

Первая группа должна включать данные по энергоэффективности, типу используемого топлива, уровню выбросов и обращению с отходами. Энергоэффективность будет оцениваться на основе таких показателей, как EEDI (Energy Efficiency Design Index) для новых судов и EEOI (Energy Efficiency Operational Indicators) для действующих. Относительно типа топлива предпочтение должно отдаваться судам, использующим альтернативное топливо, например сжиженный природный газ (LNG), а также имеющим защищённые топливные баки, как это предусмотрено в новых поправках к MARPOL. По уровню выбросов будет проводиться оценка выбросов загрязняющих веществ, таких как оксиды азота (NOx), оксиды серы (SOx) и углекислый газ (CO₂). В отношении обращения с отходами будут оцениваться наличие и эффективность систем очистки сточных вод и утилизации мусора в соответствии с требованиями MARPOL.

Вторая группа будет сосредоточена на физических и технических характеристиках судна, определяющих его способность противостоять суровым условиям. Ключевым будет возраст судна, как одного из факторов риска, поскольку, как показано, возраст судна является основным драйвером инцидентов, связанных с отказом оборудования. Немаловажны ледовый класс и конструктивные особенности, т. е. соответствие судна ледовому классу (например, IACS Polar Class PC1-PC7 или российским Arc4-Arc9), а также наличие и состояние систем ледового усиления корпуса, руля и винтов. Важно также учитывать состояние и тип оборудования, возраст и надёжность ключевых систем, таких как силовая установка, навигационное оборудование и системы связи, с учётом их пригодности для работы при низких температурах.

Третья группа должна оценивать готовность экипажа и систем управления судна к навигации в Арктике, которая должна включать данные по квалификации экипажа, а именно соответствие требованиям Поляр-

¹ Китай запустил морской экспресс-маршрут в Европу через тающую Арктику. Климатический кризис и экология. – Текст: электронный // Наука. – URL: <https://naukatv.ru/news> (дата обращения: 02.09.2025).

² Comer B., Osipova L., Georgeff E., Mao X. The International Maritime Organization's Proposed Arctic Heavy Fuel Oil Ban: Likely Impacts and Opportunities for Improvement. – Текст: электронный // International Council on Clean Transportation. – URL: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Arctic-HFO-ban-sept2020.pdf> (дата обращения: 21.09.2025).

ного кодекса по подготовке капитана, старшего помощника и вахтенных офицеров, по наличию подтверждённого опыта плавания в полярных водах, эксплуатационное руководство (PWOM), учитывающее качество и актуальность судового эксплуатационного

руководства, а также наличие систем, позволяющих прогнозировать риски, например системы оптимизации маршрута, основанные на данных о ледовой обстановке.

Структура интегрального рейтинга пред-
ставлена в таблице.

Структура интегрального рейтинга арктического эко-стандарта /
Structure of the Integral Rating of the Arctic Eco-Standard

№ п/п	Группа критерииев / Criteria group	Критерии и показатели / Criteria and indicators
1	Экологические характеристики / Environmental characteristics	Энергоэффективность: EEDI, EEOI; тип топлива: LNG, альтернативные виды топлива, отказ от HFO; выбросы: NOx, SOx, CO ₂ (MARPOL); системы отходов: соответствие MARPOL Energy efficiency: EEDI, EEOI; fuel type: LNG, alternative fuels, no HFO; Emissions: NOx, SOx, CO ₂ (MARPOL); waste systems: MARPOL compliance
2	Технологические возможности / Technological capabilities	Возраст судна: срок эксплуатации; ледовый класс: IACS (PC1-PC7), Arc (Arc4-Arc9); оборудование: навигационные системы, двигатели, аварийные системы Age of the vessel: service life; ice class: IACS (PC1-PC7), Arc (Arc4-Arc9); equipment: navigation systems, engines, emergency systems
3	Операционная готовность / Operational readiness	Квалификация экипажа: сертификаты, опыт; полярное судовождение: количество рейсов в Арктике; PWOM: полнота документации, процедуры реагирования Crew qualifications: certificates, experience; polar navigation: number of voyages in the Arctic; PWOM: documentation completeness, response procedures

Обсуждение. Внедрение арктического эко-стандарта способно создать экономические стимулы для судоходных компаний, превращая инвестиции в экологичные технологии из обременительного расхода в стратегически выгодное решение. По оценке International Energy Agency, топливо составляет до 50 % операционных расходов судна, при этом использование пакета технологий для повышения эффективности, таких как противообрастающее покрытие корпуса, роботизированная очистка, воздушная смазка и роторные паруса, может обеспечить экономию топлива до 15 %, для типичного контейнеровоза это может снизить ежегодные расходы на 2–5 млн долл., а капитальные затраты на такие технологии окупаются менее чем за 5 лет¹.

Помимо физической модернизации судов стоит отметить и современные системы, использующие машинное обучение. В исследовании М. Су и соавторов анализируется возможность поиска оптимальной скорости движения судов с помощью алгоритма XGBoost (Extreme Gradient Boosting), который используется для прогнозирования и алгоритма оптимизации роя частиц (Particle Swarm

Optimization – PSO), применяемого для оптимизации параметров модели. Авторы предполагают, что за счёт оптимизации скорости произойдёт значительное сокращение потребления топлива, как результат – прямая экономия на топливе для судна [14]. По их мнению, предлагаемый стандарт создаёт прямую связь между инвестициями в безопасность, защите арктической природной среды и ощущимой финансовой выгодой.

В дополнение отметим, что мировой рынок «зелёных» технологий для судоходства демонстрирует стремительный рост, что делает внедрение эко-стандарта ещё более своевременным и экономически обоснованным. По прогнозам StartUs Insights, глобальный рынок «зелёных» технологий вырастет с 22,31 млрд долл. в 2024 г. до 140,74 млрд долл. к 2032 г., показывая среднегодовой темп роста (CAGR) в 25,89 %. Рынок «нулевого» судоходства (рынок судоходства с нулевым уровнем выбросов) увеличится с 2,34 млрд долл. в 2024 г. до 4,75 млрд долл. к 2033 г.³

² Green Shipping Market Outlook 2025: Key Data & Innovations. – Текст: электронный // StartUs Insights. – URL: <https://clck.ru/3QwvU8> (дата обращения: 21.09.2025).

³ Global Zero-Carbon Shipping Market 2024–2033. – Текст: электронный // Custom Market Insights. – URL: <https://clck.ru/3QwvV7t> (дата обращения: 21.09.2025).

¹ How the shipping sector could save on energy costs. – Текст: электронный // IEA. – URL: <https://clck.ru/3QwvSL> (дата обращения: 21.09.2025).

Такой масштаб и скорость роста рынка свидетельствуют о том, что индустрия уже осознала необходимость и экономическую целесообразность экологической трансформации. Крупные финансовые институты, такие как BNP Paribas, Citi и PNC, инвестировали более 1,7 млрд долл. в «зелёное» судоходство, что подтверждает его перспективность¹. Внедрение арктического эко-стандарта, соответственно, не опережает, а скорее использует и поддерживает эту глобальную динамику, снижая финансовые риски для судоходных компаний и создавая для них стимулы к переходу на более чистые технологии.

Наряду с непосредственными финансово-ыми эффектами проактивная сертификация обеспечивает накопление репутационного капитала и общее снижение рисковой нагрузки. Соблюдение повышенных стандартов безопасности и экологичности в экологически чувствительном арктическом регионе сформирует существенное конкурентное преимущество. Компании, вносящие добровольные инвестиции в безопасные и экологически чистые технологии, формируют репутацию надёжных и ответственных операторов, что критически важно в условиях повышенного внимания международного сообщества и природоохранных организаций [15]. Проактивная рисковая оценка значительно сокращает вероятность аварийных ситуаций, что приобретает особую актуальность в арктических условиях, где территориальная удалённость и отсутствие развитой инфраструктуры существенно осложняют поисково-спасательные мероприятия, а последствия аварий могут носить

катастрофический и необратимый характер для уязвимых экосистем.

Выводы. Возрастающий объём судоходства по СМП, достигший рекорда в 2024 г., в условиях стремительного и не-предсказуемого изменения климата в Арктике создаёт уникальный набор рисков, которые усугубляются за счёт эксплуатации устаревающих судов, чьи системы склонны к поломкам, что подтверждается мировыми статистическими данными. Существующее регулирование, включая «целевой» Полярный кодекс и запрет на тяжёлое топливо с многочисленными отсрочками, недостаточно эффективно для проактивного управления этими рисками.

Внедрение арктического эко-стандарта, основанного на многокритериальном анализе по методу PROMETHEE, позволит перейти от формального подхода к прогностической оценке. Подобная сертификация может создать мощные экономические и репутационные стимулы для судоходных компаний, подталкивая их к инвестированию в более безопасные и экологически чистые технологии, что в конечном итоге повысит безопасность всего судоходства в регионе.

Применение арктического эко-стандарта позволит контролирующем органам, таким как ФГБУ «Главсевморпуть», принимать более обоснованные решения о выдаче разрешения на плавание в акватории СМП, основываясь не только на наличии документов, но и на реальной оценке рисков, что сформирует проактивный систематический подход к выявлению, оценке и контролю рисков для обеспечения безопасности и защиты арктической природной среды.

Список литературы

1. Gunnarsson B., Moe A. Ten Years of International Shipping on the Northern Sea Route: Trends and Challenges // Arctic Review on Law and Politics. 2021. Vol. 12. P. 4–30. DOI: 10.23865/arctic.v12.2614. EDN: KYMCAS
2. Rantanen M., Karpechko A.Yu., Lipponen A., Nordling K., Hyvärinen O., Ruosteenoja K., Vihma T., Laaksonen A. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979 // Communications Earth and Environment. 2022. Vol. 3, no. 1. P. 2–10. DOI: 10.1038/s43247-022-00498-3. EDN: PRZRHP
3. Sander G., Mikkelsen E. Arctic shipping 2013–2022: the traffic has grown, with big variation between regions, seasons and ship types // Polar Research. 2025. Vol. 44. DOI: 10.33265/polar.v44.10978. EDN: NVDKZF
4. Chen Y., Cheng K. Decarbonizing Arctic shipping: governance pathways and future directions // Frontiers in Marine Science. 2025. Vol. 12. DOI: 10.3389/fmars.2025.1489091. EDN: GAUMYZ
5. Zapletal F. Revised PROMETHEE algorithm with reference values // Central European Journal of Operations Research. 2022. Vol. 30, no. 2. P. 521–545. DOI: 10.1007/s10100-021-00767-0. EDN: FJXXNM
6. Taherdoost H. Using PROMETHEE Method for Multi-Criteria Decision Making: Applications and Procedures // Iris Journal of Economics & Business Management. 2023. Vol. 1, no. 1. DOI: 10.33552/IJEBM.2023.01.000502. EDN: RAUOYC

¹ Green Shipping Market Outlook 2025: Key Data & Innovations. – Текст: электронный // StartUs Insights. – URL: <https://clck.ru/3QwvXr> (дата обращения: 21.09.2025).

7. Showstack R. Arctic sea ice minimum extent // *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 2012. Vol. 93. P. 388. DOI: 10.1029/2012EO400005
8. Rieke O., Árthun M., Dörr J. S. Rapid sea ice changes in the future Barents Sea // *The Cryosphere*. 2023. Vol. 17, no. 4. P. 1445–1456. DOI: 10.5194/tc-17-1445-2023. EDN: NWATIC
9. Tao J., Chai W., Yang X., Zhang W., Wang C., Qi J. Stability Evaluation of a Damaged Ship with Ice Accumulation in Arctic Regions // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2025. Vol. 13, no. 9. DOI: 10.3390/jmse13091685
10. Hobbie J. E., Shaver G. R., Rastetter E. B., Cherry J. E., Goetz S. J., Guay K. C., Gould W. A., Kling G. W. Ecosystem responses to climate change at a Low Arctic and a High Arctic long-term research site // *Ambio*. 2017. Vol. 46, no. 1. P. 160–173. DOI: 10.1007/s13280-016-0870. EDN: WKVYKJ
11. Li W., Liang X., Lin J., Guo P., Ma Q., Dong Z., Liu J., Song Z., Wang H. Numerical Simulation of Ship Oil Spill in Arctic Icy Waters // *Applied Sciences*. Switzerland. 2020. Vol. 10, no. 4. P. 1394. DOI: 10.3390/app10041394. EDN: FVHOPN
12. Maduekwe V. C., Oke S. A. An Implementation of A Combined DEA-PROMETHEE Method for The Hull of A Ship Application // *International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*. 2021. Vol. 3, no. 1. P. 43–57. DOI: 10.24002/ijieem.v3i1.4437. EDN: AVQNGP
13. Todorov A. Coping with deficiencies in the Polar Code: a Russian perspective // *The Polar Journal*. 2020. Vol. 10, no. 2. P. 322–333. DOI: 10.1080/2154896X.2020.1799615. EDN: BXJXQP
14. Su M., Su Z., Cao S., Park K.-S., Bae S.-H. Fuel Consumption Prediction and Optimization Model for Pure Car/Truck Transport Ships // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2023. Vol. 11, no. 6. P. 1231. DOI: 10.3390/jmse11061231. EDN: IOUNPB
15. Li Y., Wang J., Mu Z., Li L. The impact of corporate environmental responsibility on green technological innovation: A nonlinear model including mediate effects and moderate effects // *Economic Analysis and Policy*. 2023. Vol. 80. P. 754–769. DOI: 10.1016/j.eap.2023.09.011. EDN: SUHGTB

References

1. Gunnarsson B., Moe A. Ten Years of International Shipping on the Northern Sea Route: Trends and Challenges. *Arctic Review on Law and Politics*. 2021;12:4-30. DOI: 10.23865/arctic.v12.2614. EDN: KYMCAS
2. Rantanen M, Karpechko AYU, Lipponen A, Nordling K, Hyvärinen O, Ruosteenoja K (et al). The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications Earth and Environment*. 2022;3(1):2-10. DOI: 10.1038/s43247-022-00498-3. EDN: PRZRH
3. Sander G., Mikkelsen E. Arctic shipping 2013-2022: the traffic has grown, with big variation between regions, seasons and ship types. *Polar Research*. 2025;44. DOI: 10.33265/polar.v44.10978. EDN: NVDKZF
4. Chen Y, Cheng K. Decarbonizing Arctic shipping: governance pathways and future directions. *Frontiers in Marine Science*. 2025;12. DOI: 10.3389/fmars.2025.1489091. EDN: GAUMYZ
5. Zapletal F. Revised PROMETHEE algorithm with reference values. *Central European Journal of Operations Research*. 2022;30(2):521-545. DOI: 10.1007/s10100-021-00767-0. EDN: FJXXNM
6. Taherdoost H. Using PROMETHEE Method for Multi-Criteria Decision Making: Applications and Procedures. *Iris Journal of Economics & Business Management*. 2023;1(1). DOI: 10.33552/IJEBM.2023.01.000502. EDN: RAUOYC
7. Showstack R. Arctic sea ice minimum extent. *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 2012;93:388. DOI: 10.1029/2012EO400005
8. Rieke O., Árthun M., Dörr JS. Rapid sea ice changes in the future Barents Sea. *The Cryosphere*. 2023;17(4):1445-1456. DOI: 10.5194/tc-17-1445-2023. EDN: NWATIC
9. Tao J., Chai W., Yang X., Zhang W., Wang C., Qi J. Stability Evaluation of a Damaged Ship with Ice Accumulation in Arctic Regions. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2025;13(9). DOI: 10.3390/jmse13091685
10. Hobbie JE, Shaver GR, Rastetter EB, Cherry JE, Goetz SJ, Guay KC (et al). Ecosystem responses to climate change at a Low Arctic and a High Arctic long-term research site. *Ambio*. 2017;46(1):160-173. DOI: 10.1007/s13280-016-0870. EDN: WKVYKJ
11. Li W., Liang X., Lin J., Guo P., Ma Q., Dong Z. (et al). Numerical Simulation of Ship Oil Spill in Arctic Icy Waters. *Applied Sciences*. Switzerland. 2020;10(4):1394. DOI: 10.3390/app10041394. EDN: FVHOPN
12. Maduekwe VC, Oke SA. An Implementation of A Combined DEA-PROMETHEE Method for The Hull of A Ship Application. *International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*. 2021;3(1):43-57. DOI: 10.24002/ijieem.v3i1.4437. EDN: AVQNGP
13. Todorov A. Coping with deficiencies in the Polar Code: a Russian perspective. *The Polar Journal*. 2020;10(2):322-333. DOI: 10.1080/2154896X.2020.1799615. EDN: BXJXQP
14. Su M., Su Z., Cao S., Park KS, Bae SH. Fuel Consumption Prediction and Optimization Model for Pure Car/Truck Transport Ships. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2023;11(6):1231. DOI: 10.3390/jmse11061231. EDN: IOUNPB
15. Li Y., Wang J., Mu Z., Li L. The impact of corporate environmental responsibility on green technological innovation: A nonlinear model including mediate effects and moderate effects. *Economic Analysis and Policy*. 2023;80:754-769. DOI: 10.1016/j.eap.2023.09.011. EDN: SUHGTB

Информация об авторе

Бразовская Яна Евгеньевна, доцент кафедры международного и морского права, Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, г. Санкт-Петербург, Россия; bye2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4449-2209>. Область научных интересов: судоходство, навигация, экология, безопасность, морское право.

Information about the author

Brazovskaya Yana E., Associate Professor, International and Maritime Law department, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg, Russia, bye2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4449-2209>. Research interests: shipping, navigation, ecology, safety, maritime law.

Статья поступила в редакцию 10.10.2025; одобрена после рецензирования 31.10.2025; принята к публикации 13.11.2025.

**Received 2025, October 10; approved after review 2025, October 31;
accepted for publication 2025, November 11.**