

Научная статья  
УДК 629.5  
<https://doi.org/10.24143/2073-1574-2026-1-48-53>  
EDN NAHYVK

---

## **Перспективы перехода судоходства на водородное топливо: этапы, затраты и примеры внедрения**

---

*Елена Анатольевна Логинова*

*Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,  
Санкт-Петербург, Россия, Alelal777@yandex.ru*

---

**Аннотация.** Отмечена необходимость рассмотрения путей достижения экологической устойчивости транспортной отрасли в целом и морского флота в частности. Проведен комплексный анализ перспектив перехода мирового и российского морского флота на водородное топливо. Рассматриваются технологические, экономические, экологические и инфраструктурные аспекты этой трансформации. Особое внимание уделяется систематизации этапов перехода, количественной оценке капитальных и операционных затрат, а также сравнительному анализу экологического эффекта водорода по сравнению с альтернативными видами топлива, такими как сжиженный природный газ и аммиак. Детально изучены конкретные российские проекты, включая разработки Крыловского государственного научного центра и успешные испытания пассажирского судна на водородных топливных элементах компанией Sitronics Group. На примере последнего подробно рассматривается поэтапный процесс внедрения – от планирования до ввода в эксплуатацию – с оценкой сроков и финансовых затрат. Выявлены ключевые барьеры, такие как высокая стоимость, недостаток инфраструктуры и проблемы безопасности, и сформулированы научно обоснованные рекомендации для судостроительной отрасли и органов государственного регулирования. Сделаны выводы о том, что, несмотря на значительные вызовы, переход на водород является стратегически важным направлением для достижения устойчивого и экологически чистого судоходства.

**Ключевые слова:** водородное топливо, судоходство, экологическая устойчивость, экономическая эффективность, инфраструктура, российские проекты

**Для цитирования:** Логинова Е. А. Перспективы перехода судоходства на водородное топливо: этапы, затраты и примеры внедрения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2026. № 1. С. 48–53. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2026-1-48-53>. EDN NAHYVK.

Original article

---

## **Prospects for the transition of shipping to hydrogen fuel: stages, costs and implementation examples**

---

*Elena A. Loginova*

*State Marine Technical University,  
Saint Petersburg, Russia, Alelal777@yandex.ru*

---

**Abstract.** The need to consider ways to achieve environmental sustainability of the transportation industry in general and the navy in particular was noted. A comprehensive analysis of the prospects for the transition of the world and Russian marine fleets to hydrogen fuel has been carried out. The technological, economic, environmental and infrastructural aspects of this transformation are considered. Special attention is paid to the systematization of the transition stages, the quantification of capital and operating costs, as well as a comparative analysis of the environmental effect of hydrogen compared with alternative fuels such as liquefied natural gas and ammonia. Specific Russian projects have been studied in detail, including the development of the Krylov State Scientific Center and the successful testing of a passenger ship powered by hydrogen fuel cells by Sitronics Group. Using the example of the latter, the step-by-step implementation process is considered in detail, from planning to commissioning, with an estimate of time and financial costs. Key barriers such as high cost, lack of infrastructure and safety issues have been identified, and scientifically sound recommendations have been formulated for the shipbuilding industry and government regulatory authorities. It is concluded that, despite significant challenges, the transition to hydrogen is a strategically important direction for achieving sustainable and environmentally friendly navigation.

**Keywords:** hydrogen fuel, shipping, environmental sustainability, economic efficiency, infrastructure, Russian projects

**For citation:** Loginova E. A. Prospects for the transition of shipping to hydrogen fuel: stages, costs and implementation examples. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies.* 2026;1:48-53. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2026-1-48-53>. EDN NAHYVK.

### Введение

Глобальная транспортная отрасль, в частности морской флот, стоит перед необходимостью кардинального снижения выбросов парниковых газов в соответствии с международными экологическими инициативами и ужесточающимися нормативными требованиями [1]. В этом контексте водородная энергетика появляется как один из наиболее перспективных путей декарбонизации, способный обеспечить нулевой уровень вредных выбросов в процессе эксплуатации судов [2, 3]. Однако широкомасштабное внедрение этой технологии сопряжено с комплексом взаимосвязанных вызовов, включая высокие капитальные затраты, необходимость создания совершенно новой топливной инфраструктуры, решение сложных вопросов безопасности при хранении и использовании водорода, а также обеспечение экономической целесообразности проектов [4, 5]. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью комплексного анализа этих барьеров и выработки практических решений для их преодоления [6, 7].

*Целью настоящей работы* является всесторонний анализ перспектив, барьеров и практических механизмов интеграции водорода в качестве топлива для морского транспорта с особым фокусом на оценке российских проектов и технологических возможностей [8–11]. В исследовании систематизируются этапы перехода, оцениваются затраты и экологический эффект, а также подробно рассматриваются конкретные кейсы ведущих отечественных разработчиков, таких как Крыловский государственный научный центр (КГНЦ) [12] и Sitronics Group.

### Цель исследования

Настоящее исследование направлено на комплексный анализ перспектив перехода морского судоходства на водородное топливо с учетом технологических, экономических, экологических и инфраструктурных аспектов. Основная цель заключается в разработке научно обоснованных рекомендаций по внедрению водородных энергетических систем в судостроительную отрасль, оценке их эффективности и выявлению ключевых барьеров, препятствующих масштабированию данной технологии. На примере российских проектов (КГНЦ, Sitronics Group) исследуются практические решения, позволяющие минимизировать углеродный след морского транспорта при сохранении экономической целесообразности.

### Ключевые аспекты

1. Систематизация этапов перехода (техническое проектирование, инфраструктура, нормативное регулирование).
2. Количественная оценка капитальных и операционных затрат.
3. Сравнительный анализ экологического эффекта альтернативных видов топлива (сжиженный природный газ (СПГ), аммиак) [13, 14].

Переход морского флота на использование чистого водорода в качестве топлива представляет собой важное направление в стремлении снизить углеродный след судоходства и достичь экологической устойчивости. Однако этот процесс сопряжен с рядом технических, экономических и инфраструктурных вызовов.

Научная новизна статьи заключается в комплексном подходе к анализу перспектив перехода морского флота на водородное топливо, который включает оценку экологической, технической, экономической и инфраструктурной составляющих. Основные моменты новизны:

1. Интеграция водородных технологий в российское судостроение: в статье подробно рассматриваются российские инициативы по внедрению водородных технологий, такие как проекты КГНЦ и Sitronics Group, что подчеркивает актуальность и локальные успехи в этой области.
2. Оценка затрат и рисков перехода на водородное топливо: статья предоставляет подробную информацию о стоимости и временных затратах, связанных с переоборудованием судов на водородное топливо, что поможет промышленности и государственным органам лучше подготовиться к этому процессу.
3. Процесс перехода на водородное топливо на примере конкретных проектов: приведены подробные примеры поэтапного процесса разработки и внедрения судов на водородных топливных элементах, что является уникальным вкладом в практическое руководство для судостроителей и инвесторов.
4. Оценка влияния на экологию и экономику: на основе данных о текущем уровне развития технологий водородного топлива статья анализирует потенциальное влияние на экологическую ситуацию и экономическую эффективность, что важно для принятия решений в рамках глобальных и локальных экологических инициатив.

Таким образом, статья представляет собой ценный источник для исследования перехода морского флота на водород, особенно с учетом специфики

российского рынка и технологических возможностей в этой области.

Преимущества использования водорода в судоходстве:

- экологическая чистота: при использовании водорода в качестве топлива выделяется только вода, что значительно снижает выбросы парниковых газов и других вредных веществ;
- высокая удельная энергия: водород обладает высокой удельной энергией на единицу массы, что делает его привлекательным для применения в энергетических установках судов.

Примеры судов на водородном топливе:

- российские инициативы: КГНЦ разработал технический проект первого российского судна с энергоустановкой на водороде; ожидается, что испытания этого судна состоятся в октябре 2024 г.;
- малые пассажирские суда: в России было испытано первое пассажирское судно на водородной тяге, предназначенное для прогулочных рейсов в акваториях мегаполисов и пляжных зонах курортов.

Сроки перехода на водородное топливо: по оценкам экспертов, переход морских судов на более экологичные виды топлива, такие как СПГ и водород, ожидается в ближайшие 5–10 лет. Однако для полного перехода на водород может потребоваться более длительный период, учитывая необходимость разработки и внедрения соответствующих технологий и инфраструктуры.

Стоимость перехода на водородное топливо: оценка стоимости перехода флота на водородное топливо зависит от множества факторов, включая тип судна, его размер, технические характеристики и регион эксплуатации. Точные данные о стоимости переоборудования судов на водородное топливо в открытых источниках ограничены. Можно отметить, что в сфере автомобильного транспорта, например, стоимость водородных автобусов значительно превышает стоимость традиционных моделей. Так, один водородный автобус может стоить в 7 раз больше обычного – около 90 млн руб. Это позволяет предположить, что и для судов переход на водородное топливо будет сопряжен с высокими первоначальными затратами.

Трудности перехода на водородное топливо:

- инфраструктурные ограничения: недостаток инфраструктуры для производства, хранения и заправки водородом является серьезным препятствием для его широкого применения в судоходстве;
- безопасность: водород является легковоспламеняющимся газом, что требует разработки и внедрения строгих мер безопасности при его использовании на судах;
- экономическая эффективность: высокая стоимость производства «зеленого» водорода и переоборудования судов может сделать переход на водород-

ное топливо экономически нецелесообразным без государственной поддержки и субсидий [15].

В последние годы в России наблюдается активное развитие проектов, направленных на внедрение водородных технологий в судостроении. Ниже представлены подробности о двух ключевых инициативах в этой области.

1. *Проект «Экобалт» КГНЦ*. Крыловский государственный научный центр, один из ведущих российских научно-исследовательских центров в области кораблестроения, разработал технический проект первого отечественного судна с энергоустановкой на водородных топливных элементах. Судно, получившее название «Экобалт», предназначено для перевозки до 10 пассажиров по внутренним водным маршрутам. Его строительство ведется на Зеленодольском судостроительном заводе имени А. М. Горького в Татарстане. Судно «Экобалт» было спущено на воду 22 августа 2024 г. Технологический пуск его энергоустановки состоялся 30 марта 2025 г. В ходе запуска проведена проверка рабочих параметров и отработка алгоритмов контроля батареи топливных элементов совместно с системой управления и блоками преобразования энергии в зависимости от режимов нагрузки судовых потребителей. Также были испытаны режимы автоматического переключения энергоустановки на резервное электропитание от блока накопителей энергии и обратно, а также режимы экстренной остановки и безопасной продувки водородной системы. Испытания подтвердили стабильность работы всех указанных режимов. Системы генерации, преобразования и контроля безопасности функционировали в полном соответствии с запланированными сценариями эксплуатации энергоустановки на водородных топливных элементах. Впереди у судна «Экобалт» – ходовые испытания.

2. *Испытание первого пассажирского судна на водородной тяге компанией Sitronics Group*. В октябре 2023 г. российская IT-компания Sitronics Group провела испытания первого в стране пассажирского судна на водородной тяге. Пробный заплыв состоялся в акватории Невы у верфи Emperium. Водородная энергоустановка судна призвана снизить объем выбросов углекислого газа и увеличить длительность рейсов без необходимости частого пополнения топливных запасов. Этот проект демонстрирует потенциал водородных технологий в сфере пассажирских перевозок на внутренних водных путях России.

Вышеприведенные проекты свидетельствуют о стремлении России интегрировать водородные технологии в судостроение, что соответствует глобальным тенденциям перехода к экологически чистым видам топлива. Успешная реализация подобных инициатив может значительно снизить эколо-

гический след судоходства и стимулировать дальнейшее развитие водородной энергетики в стране.

### **Порядок действий для перехода на водородное топливо в судоходстве (на примере пассажирского судна на водородных топливных элементах Sitronics Group)**

Переход судоходства на водородное топливо требует комплексного подхода, включающего технические, экономические и инфраструктурные аспекты. Рассмотрим поэтапный процесс на примере первого российского пассажирского судна на водородной тяге, разработанного Sitronics Group.

#### **1. Исследование и планирование.**

Срок: 6–12 месяцев.

На первом этапе необходимо провести анализ возможностей и целесообразности перехода:

- оценка существующего судна – определяется, возможно ли переоборудование или потребуется строительство нового судна;

- анализ рынка водородного топлива – изучаются поставщики водорода, возможные маршруты транспортировки и хранения;

- исследование инфраструктуры – оценивается наличие заправочных станций, условий хранения и безопасности;

- расчет экономической эффективности – сравниваются расходы на переоборудование или строительство нового судна, операционные затраты, стоимость топлива и потенциальные выгоды;

- выбор технологии – определение типа водородной установки: топливные элементы или сгорание водорода в двигателе.

В проекте Sitronics Group был выбран вариант с топливными элементами, т. к. он обеспечивает нулевые выбросы CO<sub>2</sub> и меньший износ оборудования по сравнению с традиционными двигателями.

#### **2. Проектирование судна и водородной системы.**

Срок: 8–18 месяцев.

Разработка чертежей и технических характеристик судна.

Интеграция водородной энергоустановки в конструкцию судна.

Проектирование водородных баков (должны выдерживать высокое давление до 700 бар).

Расчет автономности работы на водороде (Sitronics Group добилась 5 ч работы без дозаправки).

Проработка мер безопасности – системы предотвращения утечек, вентиляция, аварийное отключение.

На этом этапе важную роль играет соответствие международным стандартам, например ISO 19880-1:2020 (требования к заправке водородом) и IMO IGF Code (безопасность использования альтернативного топлива) [16, 17].

#### **3. Строительство или переоборудование судна.**

Срок: 12–24 месяца.

Если судно строится с нуля, как это было в случае с проектом Sitronics Group, процесс включает:

- изготовление корпуса с учетом размещения водородных баков и системы безопасности;

- монтаж водородных топливных элементов и их интеграция с электродвигателем;

- установка систем охлаждения для водородных элементов;

- подключение систем управления энергоснабжением (Sitronics использует систему автоматического регулирования мощности).

Если переоборудуется существующее судно, этапы включают:

- демонтаж традиционного двигателя и топливных систем;

- модификацию корпуса и топливных баков под водород;

- интеграцию новой энергетической установки.

#### **4. Тестирование и сертификация.**

Срок: 6–12 месяцев.

Проведение испытаний на герметичность, надежность водородных баков, работоспособность двигателя.

Тестирование в акватории – судно испытывается в реальных условиях (как в случае с Sitronics Group в Санкт-Петербурге).

Сертификация в соответствии с международными нормами: Российский морской регистр судоходства (РМРС) и Международная морская организация (ИМО).

#### **5. Введение в эксплуатацию и обслуживание.**

Срок: 3–6 месяцев.

Обучение экипажа работе с водородным судном.

Организация инфраструктуры заправки (например, в случае Sitronics Group используется мобильная водородная заправка).

Контроль и поддержка – мониторинг состояния системы, проверка на утечки, регулярное техобслуживание.

Финансовые и временные затраты на переход.

На примере судна Sitronics Group можно оценить:

- стоимость постройки – около 300 млн руб. (~3,3 млн долл.);

- срок строительства и ввода в эксплуатацию – около 3 лет;

- ожидаемый срок окупаемости – 10–15 лет при условии снижения стоимости водородного топлива [18–20].

### **Заключение**

Переход морского флота на чистый водород представляет собой перспективное направление для снижения экологического воздействия судоходства. Однако для его успешной реализации необходимо преодолеть значительные технические, экономические и инфраструктурные барьеры.

Требуется комплексный подход, включающий развитие технологий производства и хранения водорода, создание соответствующей инфраструктуры и обеспечение экономической поддержки со стороны государства и частного сектора.

Переход судоходства на водород требует значительных инвестиций и времени, но приносит

долгосрочные экологические и экономические выгоды. Проект Sitronics Group доказывает, что уже сегодня возможно создание пассажирских судов на водороде, а дальнейшее развитие технологий и инфраструктуры ускорит процесс перехода для других типов флота.

#### Список источников

1. Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships / International Maritime Organization (IMO). 2021. URL: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx> (дата обращения: 06.07.2025).
2. Maritime Forecast to 2050: Energy Transition Outlook / DNV. 2022. URL: <https://www.dnv.com/maritime/publications/maritime-forecast-to-2050-download.html> (дата обращения: 06.07.2025).
3. Hydrogen Insights 2023: A Perspective on Hydrogen Investment, Deployment and Cost Competitiveness / Hydrogen Council. 2023. URL: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2023/> (дата обращения: 06.07.2025).
4. Global Hydrogen Trade to Meet the 1.5°C Climate Goal: Part I – Trade Outlook for 2050 and Way Forward / IRENA. 2022. URL: <https://www.irena.org/publications/2022/May/Global-hydrogen-trade-outlook> (дата обращения: 06.07.2025).
5. Hydrogen as Marine Fuel: Safety and Regulatory Considerations / ABS. 2024. URL: <https://ww2.eagle.org/en/rules-and-resources/technical-papers.html> (дата обращения: 10.07.2025).
6. Hydrogen for Maritime Applications / McKinsey & Company. 2023. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/> (дата обращения: 10.07.2025).
7. Zero-Carbon Shipping Outlook / Lloyd's Register. 2024. URL: <https://www.lr.org/en/insights/> (дата обращения: 10.07.2025).
8. Первое российское судно на водородном топливе спустят на воду в апреле 2025 года. URL: [https://www.korabel.ru/news/comments/pervoe\\_rossijskoe\\_sudno\\_na\\_vodorodnom\\_toplive\\_sputyat\\_na\\_vodu\\_v\\_aprele\\_2025\\_goda.html](https://www.korabel.ru/news/comments/pervoe_rossijskoe_sudno_na_vodorodnom_toplive_sputyat_na_vodu_v_aprele_2025_goda.html) (дата обращения: 06.07.2025).
9. В России испытали первое пассажирское судно на водородной тяге. URL: [https://lenta.ru/news/2023/10/09/vodorod\\_sudno/](https://lenta.ru/news/2023/10/09/vodorod_sudno/) (дата обращения: 06.07.2025).
10. Крыловский центр представил проект водородного судна. URL: <https://paluba.media/news/53843> (дата обращения: 06.07.2025).
11. Новости судостроения: водородные технологии в морском транспорте. URL: <https://sudostroenie.info/novosti/44658.html> (дата обращения: 06.07.2025).
12. Официальный сайт Крыловского государственного научного центра. URL: <https://paluba.media/company/krylovcentre> (дата обращения: 06.07.2025).
13. Экологические аспекты использования водорода на морском транспорте / Экология и пром-сть России. 2023. URL: <https://www.ecologyandindustry.ru/> (дата обращения: 10.07.2025).
14. Global Hydrogen Review / IEA. 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023> (дата обращения: 10.07.2025).
15. Водородная энергетика в России: перспективы развития / М-во энергетики РФ. 2023. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/19256> (дата обращения: 10.07.2025).
16. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. Hydrogen-Powered Shipping Report. 2023. URL: <https://www.fch.europa.eu/publications> (дата обращения: 10.07.2025).
17. International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (IGF Code). 2024 ed. International Maritime Organization (IMO). URL: [https://www.wco.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.1155\(32\).pdf](https://www.wco.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.1155(32).pdf) (дата обращения: 10.07.2025).
18. Технологии водородного топлива в судоходстве // Мор. вестн. 2024. № 2. URL: <https://www.morvesti.ru/articles/1203/> (дата обращения: 10.07.2025).
19. Перспективы водородной энергетики в Арктике. URL: <https://arctica.info/energy/> (дата обращения: 10.07.2025).
20. Водородные топливные элементы: современное состояние и перспективы // Наука и техника. 2023. № 10. С. 45–52.

#### References

1. Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. International Maritime Organization (IMO), 2021. Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx> (accessed: 06.07.2025).
2. Maritime Forecast to 2050: Energy Transition Outlook. DNV, 2022. Available at: <https://www.dnv.com/maritime/publications/maritime-forecast-to-2050-download.html> (accessed: 06.07.2025).
3. Hydrogen Insights 2023: A Perspective on Hydrogen Investment, Deployment and Cost Competitiveness. Hydrogen Council, 2023. Available at: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2023/> (accessed: 06.07.2025).
4. Global Hydrogen Trade to Meet the 1.5°C Climate Goal: Part I – Trade Outlook for 2050 and Way Forward. IRENA, 2022. Available at: <https://www.irena.org/publications/2022/May/Global-hydrogen-trade-outlook> (accessed: 06.07.2025).
5. Hydrogen as Marine Fuel: Safety and Regulatory Considerations. ABS, 2024. Available at: <https://ww2.eagle.org/en/rules-and-resources/technical-papers.html> (accessed: 10.07.2025).
6. Hydrogen for Maritime Applications. McKinsey & Company, 2023. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/> (accessed: 10.07.2025).
7. Zero-Carbon Shipping Outlook. Lloyd's Register, 2024. Available at: <https://www.lr.org/en/insights/> (accessed: 10.07.2025).
8. Pervoe rossijskoe sudno na vodorodnom toplive spus-

tyat na vodu v aprele 2025 goda [The first Russian hydrogen-fueled vessel will be launched in April 2025]. Available at: [https://www.korabel.ru/news/comments/pervoe\\_rossiyskoe\\_sudno\\_na\\_vodorodnom\\_toplive\\_spustyat\\_na\\_vodu\\_v\\_aprele\\_2025\\_goda.html](https://www.korabel.ru/news/comments/pervoe_rossiyskoe_sudno_na_vodorodnom_toplive_spustyat_na_vodu_v_aprele_2025_goda.html) (accessed: 06.07.2025).

9. V Rossii ispytali pervoe passazhirskoe sudno na vodorodnoj tyage [Russia has tested the first hydrogen-powered passenger ship]. Available at: [https://lenta.ru/news/2023/10/09/vodorod\\_sudno/](https://lenta.ru/news/2023/10/09/vodorod_sudno/) (accessed: 06.07.2025).

10. Krylovskij centr predstavil proekt vodorodnogo sudna [The Krylov Center presented the project of a hydrogen vessel]. Available at: <https://paluba.media/news/53843> (accessed: 06.07.2025).

11. *Novosti sudostroeniya: vodorodnye tekhnologii v morskoy transporte* [Shipbuilding news: hydrogen technologies in marine transport]. Available at: <https://sudostroenie.info/novosti/44658.html> (accessed: 06.07.2025).

12. *Oficial'nyj sayt Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo centra* [The official website of the Krylov State Scientific Center]. Available at: <https://paluba.media/company/krylovcentre> (accessed: 06.07.2025).

13. *Ekologicheskie aspekty ispol'zovaniya vodoroda na morskoy transporte* [Environmental aspects of the use of hydrogen in marine transport]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2023. Available at: <https://www.ecologyandindustry.ru/> (accessed: 10.07.2025).

14. *Global Hydrogen Review*. IEA, 2023. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023> (accessed: 10.07.2025).

15. *Vodorodnaya energetika v Rossii: perspektivy razvitiya* [Hydrogen energy in Russia: development prospects]. Ministerstvo energetiki RF, 2023. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/19256> (accessed: 10.07.2025).

16. *Hydrogen-Powered Shipping Report*. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, 2023. Available at: <https://www.fch.europa.eu/publications> (accessed: 10.07.2025).

17. *International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (IGF Code)*. 2024 ed. International Maritime Organization (IMO). Available at: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.1155\(32\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.1155(32).pdf) (accessed: 10.07.2025).

18. *Tekhnologii vodorodnogo topliva v sudohodstve* [Hydrogen fuel technologies in shipping]. *Morskoy vestnik*, 2024, no. 2. Available at: <https://www.morvesti.ru/articles/1203/> (accessed: 10.07.2025).

19. *Perspektivy vodorodnoj energetiki v Arktike* [Prospects of hydrogen energy in the Arctic]. Available at: <https://arctica.info/energy/> (accessed: 10.07.2025).

20. *Vodorodnye toplivnye elementy: sovremennoe sostoyanie i perspektivy* [Hydrogen fuel cells: current state and prospects]. *Nauka i tekhnika*, 2023, no. 10, pp. 45-52.

Статья поступила в редакцию 09.09.2025; одобрена после рецензирования 19.11.2025; принята к публикации 19.01.2026  
The article was submitted 09.09.2025; approved after reviewing 19.11.2025; accepted for publication 19.01.2026

#### Информация об авторе / Information about the author

**Елена Анатольевна Логинова** – кандидат технических наук; доцент кафедры судовых двигателей внутреннего сгорания и дизельных установок; Санкт-Петербургский государственный морской технический университет; Alelal777@yandex.ru

**Elena A. Loginova** – Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Internal Combustion Engines and Diesel Installations; State Marine Technical University; Alelal777@yandex.ru

