

УДК 556

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНО-ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУДОСТРОЕНИИ

Каюмова Гузель Газинуровна¹, к.б.н., доцент кафедры судовождения и судостроения

e-mail: guzelka1003@yandex.ru

Желтов Игорь Алексеевич¹, студент

e-mail: guzelka1003@yandex.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Казань, Республика Татарстан, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения полимерных материалов в современном судостроении. Показано, что наряду с известными преимуществами существуют и существенные недостатки: низкая огнестойкость, выделение токсичных продуктов горения, необходимость установки противопожарной изоляции, которая приводит к увеличению массы конструкции, биообрастание (активное размножение микроорганизмов на пластиковых поверхностях), а также высокая энергоёмкость производства полимеров и сопутствующие выбросы парниковых газов. В заключительной части статьи анализируются возможные пути решения обозначенных проблем.

Ключевые слова: полимерные композиты, углепластик, судостроение, экологическая безопасность, биообрастание, микропластик, токсичность, утилизация.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE USE OF COMPOSITE POLYMER MATERIALS IN SHIPBUILDING

Guzel I. Kayumova¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Navigation and Shipbuilding

e-mail: guzelka1003@yandex.ru

Igor A. Zheltov¹, Student

e-mail: guzelka1003@yandex.ru

¹ Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev – Kazan branch of Volga State University of Water Transport Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

Abstract. The article discusses the features of the use of polymer materials in modern shipbuilding. It is shown that, along with the known advantages, there are also significant disadvantages: low fire resistance, the release of toxic combustion products, the need to install fire protection insulation, which leads to an increase in the weight of the structure, biofouling (the active reproduction of microorganisms on plastic surfaces), as well as the high energy intensity of polymer production and

the associated greenhouse gas emissions. The final part of the article analyzes possible solutions to these problems.

Keywords: polymer composites, carbon fiber, shipbuilding, environmental safety, biofouling, microplastics, toxicity, recycling.

Масштабное производство полимеров напрямую отражает их повсеместное внедрение в разные сферы промышленности. Не стало исключением и судостроение, где синтетические материалы чаще всего задействованы при создании маломерных, прогулочных и спортивных судов — из них делают корпуса, силовые элементы, детали и узлы механизмов. Популярность полимеров объяснима: они легки, прочны и не поддаются коррозии. Однако рост объемов использования заставляет задуматься об экологической безопасности и ответственности при работе с такими материалами. Речь идет не только о влиянии на водную среду, но и о проблемах утилизации и долговечности пластиковых изделий. В данной статье рассматриваются ключевые аспекты безопасности полимеров в судостроении через призму охраны окружающей среды.

В качестве полимерно-композитных материалов в судостроении применяют:

- Стеклопластики (Glass Reinforced Plastic, GRP). Они широко применяются для изготовления корпусов небольших судов, надстроек, палубных конструкций, мачт и других элементов судна.
- Углепластики (Carbon Fiber Reinforced Polymer, CFRP). Востребованы в производстве высокоскоростных катеров, яхт, подводных аппаратов и специализированных водных сооружений.
- Армирующие ткани на основе арамидных волокон (Kevlar).
- Полимерные матрицы (термопласты и реактопласты), которые связывают волокна и определяют свойства композита. Чаще всего используются полиэфирные, эпоксидные и фенольные смолы.

Особую популярность, на сегодняшний день, имеют стеклопластики и углепластики. Экологичность данных полимерных материалов в судостроении является важной темой, поскольку экологические проблемы, связанные с воздействием морских транспортных средств на окружающую среду, становятся всё более значимыми.

Часто утверждают, что легкость полимеров снижает расход топлива и выбросы CO₂ и других вредных газов. Однако здесь есть нюанс: значительное облегчение конструкции возможно лишь при отказе от противопожарной изоляции. Если же требования пожарной безопасности обязывают ее устанавливать, то это автоматически приводит к росту веса конструкции из полимерно-композиционных материалов [9]. Таким образом, сокращение выбросов углекислого газа, окисей азота и паров серы, если сокращаются за счет легкости полимеров, то и автоматически возрастают существенного увеличения массы конструкций, необходимых для противопожарной изоляции.

Применение композитов в судовых конструкциях прежде всего ограничивают свойства материала. Главный недостаток композитов — низкая огнестойкость и горючесть, сопровождающаяся выделением высокотоксичных продуктов горения (синильная кислота, хлороводород и др.). Синильная кислота блокирует клеточное дыхание, вызывая острое кислородное голодание (рис.1). Это вызывает острое кислородное голодание клеток, особенно чувствительных органов (головного мозга, сердца).

Устойчивость к коррозии. Полимеры устойчивы к агрессивной морской среде, что сокращает потребность в токсичных противокоррозионных покрытиях и частой покраске. Но не стоит забывать, что процесс производства полимеров энергоёмок и сопровождается выделением парниковых газов. Более того, уже через несколько минут контакта с водной

средой пластиковая поверхность судна становится питательной средой для массового размножения микроорганизмов.



Рисунок 1 – Горение пластика с выделение хлороводорода

Как участник студенческого научного кружка по экологии, я хотел бы обратить внимание на два взаимосвязанных аспекта, вызывающих серьёзную обеспокоенность. Во-первых, на различных поверхностях наблюдается увеличение численности оппортунистических микроорганизмов, которые проявляют устойчивость к действию антибактериальных препаратов. Эти патогены способны инициировать инфекционные процессы у живых организмов, при этом стандартные методы лечения антибиотиками оказываются малоэффективными.

Во-вторых, нельзя игнорировать проблему микропластика, который обнаруживается даже в самых изолированных водных объектах. Под воздействием солнечного излучения и воды крупные пластиковые фрагменты постепенно разрушаются, трансформируясь в микроскопические частицы. Эти частицы проникают в организмы всех обитателей водоёма, включая рыб и других представителей водной фауны. Влияние пластиковых соединений на биологические системы часто остаётся недооценённым, однако уже сейчас известно, что токсичные компоненты пластика могут вызывать тяжёлые заболевания, в том числе злокачественные новообразования.

В качестве примера можно привести реку Волгу, где ситуация с загрязнением типична для многих крупных водных артерий. В верхнем течении реки зафиксировано содержание пластиковых микрочастиц на уровне 0,3 миллиграмма (или примерно одной частицы) на каждый кубический метр воды, что свидетельствует о масштабах антропогенного воздействия на водные экосистемы.

Расчеты показывают, что из Тверского региона ежегодно выносятся приблизительно 1,1 тонны такого загрязнителя — это около 3 килограммов ежедневно, если учитывать среднегодовой водный поток и равномерное распределение загрязняющих элементов. Наибольшая концентрация микропластика фиксируется в районе сброса стоков тверских очистных станций, где показатели возрастают до 1 миллиграмма (4 частиц) на кубический метр воды [2].

По состоянию на 2025 год мировая ситуация с утилизацией пластика характеризуется следующим образом: ежегодное производство пластика превышает 8 миллиардов тонн, причем около половины приходится на одноразовую упаковку [8]. А уровень переработки пластика крайне низок: всего около 9% произведённого пластика было переработано, большая часть отправлена на свалки или попала в реки и океан [8].

Согласно исследованию, проведённому компанией Research Nester, мировой рынок переработанных пластиков оценивается в 68,51 млрд в 2025 году и достигнет 159,24 млрд к 2035 году, демонстрируя среднегодовой темп роста (CAGR) 8,8% [9].

Основные проблемы утилизации пластика в судостроении разнообразие типов пластиков, каждый из которых требует своего подхода к переработке. Например,

эпоксидные смолы для защиты от коррозии и термореактивные композиты для палуб и надстроек. Смешение разных видов пластика делает вторичное использование крайне сложным и дорогим. Некоторые материалы (особенно стеклопластики корпусов маломерных судов) почти невозможно переработать из-за сложной структуры.

Невозможность полной переработки ухудшают процесс утилизации. Некоторые используемые в судостроении пластики обладают особыми свойствами, такими как прочность, устойчивость к химическим воздействиям и долговечностью, что делает их трудно перерабатываемыми. Например, стекловолоконные композиты, применяемые в корпусах маломерных, прогулочных и спортивных судов, практически невозможно повторно использовать из-за сложной структуры материала.

Неправильная утилизация старых кораблей и лодок ведет к попаданию токсинов и тяжелых металлов в природу [3]. При разложении пластика выделяются вредные вещества, загрязняющие почву, воду и воздух. Отсутствие специализированных предприятий, способных эффективно обрабатывать судостроительные отходы, пока отсутствуют в достаточном количестве. Большинство компаний сталкиваются с отсутствием возможностей для безопасной и экономичной утилизации устаревших элементов судна. Из-за технологической сложности и низкой рентабельности переработки часто отказываются от таких отходов. Государственное регулирование и поддержка остаются недостаточными для стимулирования развития эффективных решений.

Отсутствие в нашей стране независимых испытательных центров с инструментальным оборудованием для оценки токсичности материалов — еще один критический фактор (современные нормы запрещают тесты на грызунах и требуют аппаратных методов). Современные нормативы запрещают применение устаревшей методики тестирования на лабораторных грызунах, настаивая на использовании исключительно аппаратных методов диагностики. Помимо этого, ключевого момента, существует ряд препятствий для расширения применения композитов в российском кораблестроении: верфи не владеют необходимыми производственными технологиями, высокая цена материалов, повышенная пожарная опасность технологических процессов и более долгий производственный цикл по сравнению с металлическими конструкциями. Все это на фоне острой экологической угрозы микропластикового загрязнения водоемов требует срочных мер противодействия.

Современное судостроение все чаще внедряет экологически безопасные полимерные материалы, что способствует снижению негативного воздействия на морскую среду. Перспективы связывают с биоразлагаемыми и композитными полимерами на основе возобновляемых ресурсов, которые сочетают прочность и коррозионную стойкость.

Внедрение современных материалов в судостроительную отрасль открывает возможности для снижения токсичных выбросов, повышения безопасности эксплуатации судов и облегчения процесса утилизации конструкций. Всё это является фундаментом для перехода к модели устойчивого развития промышленности.

С одной стороны, полимерные композиты обладают неоспоримыми достоинствами: они облегчают конструкцию судов, продлевают срок их службы и сокращают эксплуатационные издержки. С другой стороны, на всех этапах жизненного цикла этих материалов — от производства до утилизации — возникают серьезные экологические вызовы.

К ключевым из них относятся: распространение микропластика, выбросы опасных химических соединений и трудности с переработкой отработанных изделий. Для минимизации этих рисков требуется активное развитие технологий, обеспечивающих экологическую безопасность на всех стадиях работы с композитами.

Полагаю, что дальнейшее развитие отрасли за счёт внедрения инновационных материалов и ужесточения экологических стандартов позволит существенно уменьшить негативное воздействие судостроения на окружающую среду. Такой подход станет залогом



сохранения морских биосистем и обеспечит долгосрочное устойчивое развитие промышленности.

Список литературы:

1. Композиты по Правилам и без: перспективы и факторы риска применения ПКМ в судостроении // РБК: [сайт]. URL: https://www.korabel.ru/news/comments/kompozity_po_pravilam_i_bez_perspektivy_i_faktory_riska_p_rimeneniya_pkm_v_sudostroenii.html (дата обращения: 20.04.2026).
2. Каюмова, Г. Г. Загрязнение рек микропластиком, следствие использования полимерных материалов в судостроении / Г. Г. Каюмова // Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий : Сборник материалов II Всероссийской конференции, Казань, 09–10 декабря 2024 года. – Казань: Волжский государственный университет водного транспорта, 2024. – С. 108-112. – EDN YWUFQA.
3. Иванов А. А. Современные композитные материалы в судостроении. — Москва: Машиностроение, 2021.
4. Петров В. Н. Экологическая безопасность морского транспорта. — Санкт-Петербург: Судостроение, 2020.
5. Сидоров К. Л. Полимерные материалы и их влияние на окружающую среду // Экология и промышленность России. — 2022. — № 5. — С. 25–30.
6. Регистровая книга Российского речного регистра. — URL: <http://www.rivreg.ru/activities/class/regbook/> (дата обращения 21.04.2026)
7. Богданов Д.В. Построение сетей коммуникации будущих специалистов в системе высшего образования. // Великие реки 2015: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». — 2015. — URL: <http://вф-река-море.пф/2015/PDF/35.pdf> (дата обращения 01.04.2026)
8. Country-rankings/plastic-pollution-by-country // РБК: [сайт]. — URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/plastic-pollution-by-country> (дата обращения: 22.04.2026).
9. Recycled-plastics market // РБК: [сайт]. — URL: <https://www.researchnester.com/reports/recycled-plastics-market/6184> (дата обращения: 22.04.2026).

