



«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ  
ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА»

(«ВОЛГА-2025»)

Труды 10-й всероссийской научной конференции  
Выпуск 8, 2025 г.



ISBN 978-5-901722-92-3

УДК 556

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ В СУДОСТРОЕНИИ**

**Каюмова Гузель Газинуровна**, к.б.н., доцент кафедры судовождения и судостроения  
Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева –  
Казанский филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
420108, Казань, ул. Портовая, 19

**Салахов Ильяс Рахимзянович**, директор Казанского филиала, академик международной  
академии наук, к.п.н., доцент, заслуженный учитель РТ  
Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева –  
Казанский филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,  
420108, г.Казань, ул. Портовая, 19

*Аннотация. Статья посвящена анализу использования полимерных материалов в современном судостроении, и показывает, что наряду с положительными, имеется ряд отрицательных, как низкая огнестойкость и выделение токсичных веществ, необходимость установки противопожарной изоляции, увеличивающей массу конструкции, опасность размножения микроорганизмов на поверхности пластикового покрытия, энергоёмкое производство полимеров и выделение парниковых газов. Также рассмотрены пути решения данных проблем.*

*Ключевые слова: полимерно-композитный материал, углепластик, экологичность, цитохромоксидаза, микропластик, парниковые газы, утилизация.*

Большой объём производства полимеров свидетельствует о широком применении этих материалов в различных отраслях промышленности. В судостроении также активно используются полимерные и синтетические материалы, в основном, при постройке маломерных, прогулочных и спортивных судов для изготовления корпусов судов, конструктивных элементов корпуса, различных деталей и узлов механизмов. Современное судостроение активно использует полимерные материалы благодаря их легкости, прочности и устойчивости к коррозии. Однако с ростом объемов производства возникает необходимость уделять особое внимание экологической ответственности и безопасности применения таких материалов. Это связано не только с потенциальным воздействием на водную среду, но и с вопросами утилизации и долговечности изделий из полимеров. В статье рассмотрим ключевые вопросы безопасности использования полимерных материалов в судостроении с точки зрения 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 (термопластичные и термореактивные смолы). Матрицы обеспечивают связывание армирующих волокон и влияют на эксплуатационные характеристики композитных изделий. Наиболее распространенными материалами являются 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.

Рассмотрим преимущества и недостатки полимерных материалов с точки зрения экологичности, их влияния как на человека, так и в целом на всю окружающую среду. Принято считать, что использование легких полимерных материалов позволяет сократить расход топлива, уменьшая выбросы углекислого газа и других вредных веществ в атмосферу. Однако, следует учитывать, что вес конструкции существенно снижается только в случае, если не применять для защиты конструкций из полимерно-композитных материалов противопожарную изоляцию. Требование об установке противопожарной изоляции 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, главные из которых – низкая огнестойкость и горючесть с выделением высокотоксичных веществ, таких как пары синильной кислоты, хлороводорода и т.д (рис.1). Синильная кислота в свою очередь нарушает клеточное дыхание, блокируя фермент цитохромоксидазу, что препятствует усвоению кислорода тканями организма. Это вызывает острое кислородное голодание клеток, особенно чувствительных органов (головного мозга, сердца).



Рис.1. Горение пластика с выделение хлороводорода.

Устойчивость к коррозии. Полимеры устойчивы к воздействию морской среды, что уменьшает потребность в регулярной покраске и обработке противокоррозионными средствами, многие из которых содержат токсичные вещества. Но не стоит забывать, что процесс производства полимеров энергоёмок и сопровождается выделением парниковых газов. К тому же, уже через несколько минут после контакта с водной средой поверхность судна, изготовленная из пластиковых материалов, становится средой для массового размножения микроорганизмов. Особую тревогу вызывает растущая концентрация на таких поверхностях опасных штаммов – так называемых оппортунистических микробов, обладающих устойчивостью к антибактериальным препаратам. Эти патогены способны провоцировать инфекционные процессы в организме и при этом успешно сопротивляться терапевтическому воздействию антибиотических средств.

Но ни стоит забывать про микрочастицы пластика, которые итак есть даже в самых удаленных водоемах. Вода совместно с лучами солнца способствуют расщеплению пластика до состояния микропластика. Который попадает в организм в фауну всего водоема. Воздействие пластиковых соединений на живые организмы часто недооценивается людьми. Несмотря на относительно недавнее появление этого материала в человеческой жизни, последствия его использования уже проявляются: токсичные вещества провоцируют серьезные патологии, включая онкологические заболевания. Что касается Волги, она демонстрирует типичную картину загрязнения. В верхних участках реки концентрация пластиковых микрочастиц достигает примерно 0,3 миллиграмма (или 1 частицу) в каждом кубометре. 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 – это разнообразие типов пластиков. Судостроительная отрасль активно применяет разнообразные типы пластмасс, каждый из которых требует своего подхода к переработке и утилизации. Например, эпоксидные смолы используются для покрытия корпусов судов и защиты от коррозии, терморезистивные композитные материалы применяются для изготовления лёгких конструкций палуб и надстроек. Проблема заключается в том, что смешение разных видов пластика значительно затрудняет повторное использование материалов и увеличивает затраты на переработку.

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.

Экологические риски неправильной утилизации старых кораблей и лодок приводит к попаданию токсичных веществ и тяжелых металлов в окружающую среду.[3] Пластиковые компоненты выбрасывают вредные вещества при разложении, загрязняя 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 сложных технологических процессов и низкой рентабельности переработки зачастую отказываются брать на себя расходы по обработке крупных объёмов судостроительных отходов. Государственное регулирование и поддержка остаются недостаточными для стимулирования развития эффективных решений.

Отсутствие в нашей стране специализированных испытательных центров, оснащенных оборудованием для инструментального определения токсичности материалов, представляет собой критический фактор. 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, материалы отличаются высокой ценой, технологические процессы связаны с повышенной пожарной опасностью, а производственный цикл значительно превышает сроки изготовления металлических конструкций. Параллельно с этим микропластиковое загрязнение водоемов представляет острую экологическую угрозу, нуждающуюся в срочных мерах противодействия.

Современное судостроение все активнее интегрирует экологически безопасные полимерные материалы, что способствует снижению негативного воздействия на морскую среду. Перспективы развития связаны с созданием биоразлагаемых и композитных полимеров на основе возобновляемых ресурсов, обладающих высокой прочностью и устойчивостью к коррозии. Использование таких материалов уменьшит выбросы токсичных веществ, повысит безопасность эксплуатации судов и облегчит утилизацию, что станет ключевым фактором устойчивого развития отрасли.

Глобальный характер проблемы утилизации композитных материалов в кораблестроении способен привести к катастрофическим последствиям как для морских экосистем, так и опосредованно повлиять на благополучие людей. Эффективное решение требует объединения усилий властных структур, производственного сектора и гражданского общества. Стратегия борьбы должна включать несколько направлений: научные изыскания по созданию замещающих материалов, образовательные программы для населения, внедрение безвредных для природы методов переработки полимерных отходов и строгий надзор за процессами их ликвидации. Применение полимерных композитов при строительстве судов представляет существенную экологическую опасность.

#### **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\\_pra\\_vilam\\_i\\_bez\\_perspektivy\\_i\\_factory\\_riska\\_primeneniya\\_pkm\\_v\\_sudostroenii.html](https://www.korabel.ru/news/comments/kompozity_po_pra_vilam_i_bez_perspektivy_i_factory_riska_primeneniya_pkm_v_sudostroenii.html) // (дата обращения: 20.11.2025).
2. Каюмова, Г. Г. Загрязнение рек микропластиком, последствие 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. Ляпина, Н. Ш. Экологические аспекты в применении полимерных материалов в судостроении / Н. Ш. Ляпина, И. Б. Мясникова // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2004. – № 8. – С. 175-177. – EDN RCJUER.
4. Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби / UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics — Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.
5. Регистровая книга Российского Классификационного Общества. Режим доступа: <https://rfclass.ru/activities/class/regbook/>
6. «Судостроение и судоремонт» <http://shipbuilding.ucoz.ru> (дата обращения: 05.11.2024).
7. Atlantic / I. Zhdanov, S. 14. Zhdanov I. Polymer Type Identification of Marine Plastic Litter in Arctic seas Using a Miniature Near-Infrared Spectrometer (MicroNIR) / Zhdanov I., Pakhomova S., Bert van B. // Arctic Science Summit Week. – 2021. – P. 681.
8. Country-rankings/plastic-pollution-by-country // РБК: [сайт]. — URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/plastic-pollution-by-country> (дата обращения: 02.11.2025).

9. Recycled-plastics market // РБК: [сайт]. URL: <https://www.researchnester.com/reports/recycled-plastics-market/6184> дата обращения: 02.11.2025).

10. Zhdanov I. Polymer Type Identification of Marine Plastic Litter in Arctic seas Using a Miniature Near-Infrared Spectrometer (MicroNIR) / Zhdanov I., Pakhomova S., Bert van B. // Arctic Science Summit Week. – 2021. – P. 681.

## **ENVIRONMENTAL RISKS OF USING POLYMER COMPOSITE MATERIALS IN SHIPBUILDING**

Guzel G. Kayumova, Ilyas R. Salakhov,

*Abstract. The article analyzes the use of polymer materials in modern shipbuilding, and shows that along with the positive ones, there are a number of negative ones, such as low fire resistance and the release of toxic substances, the need to install fire insulation that increases the mass of the structure, the danger of the proliferation of microorganisms on the surface of the plastic coating, energy-intensive polymer production and greenhouse gas emissions. Ways to solve these problems are also considered.*

*Keywords: polymer composite material, carbon fiber, environmental friendliness, cytochrome oxidase, microplastics, greenhouse gases, recycling.*