



УДК 656.6; 656.62

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ВОЛЖСКОМ БАССЕЙНЕ, ДЛЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

**Новиков Василий Константинович**, д.т.н., профессор, профессор кафедры эксплуатации водного транспорта  
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) Академия водного транспорта (АВТ РУТ(МИИТ)).  
127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9.

**Алфёров Вадим Викторович**, старший преподаватель кафедры эксплуатации водного транспорта  
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) Академия водного транспорта (АВТ РУТ(МИИТ)).  
127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9.

*Аннотация. Показана опасность загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами судов водного транспорта, эксплуатируемых на Волжском бассейне. Приведен состав химических соединений в выхлопных газах и влияние их на окружающую среду и живые организмы, в том числе человека. Перечислены основные причины образования токсичных веществ в выхлопных газах и возможные направления снижения загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами. Обоснована возможность перевода судов на альтернативное более экологически безопасное топливо – сжиженный природный газ.*

*Ключевые слова: Волжский бассейн, водный транспорт, судно, выхлопные газы, загрязнение, атмосферный воздух, экологическая безопасность.*

Загрязнение атмосферного воздуха (АВ) является одной из первоочередных проблем всего человечества, влияющее как на состояние его здоровья, так и в целом на состояние окружающей среды (ОС). Основными загрязнителями АВ являются мелкодисперсные частицы, которые не характерны для его состава, в частности: оксид углерода (СО), двуокись углерода (СО<sub>2</sub>), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), оксиды азота (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), озон (O<sub>3</sub>), свинец, углеводороды, сажа. Загрязнение АВ этими химическими веществами связано с промышленной деятельностью человека и использованием транспорта, в том числе водного транспорта (ВТ), загрязнение АВ, от которого происходит преимущественно выхлопными газами (ВГ) энергетических установок судов. Согласно оценкам Международной морской организации, выбросы углекислоты при эксплуатации ВТ составляют свыше 3 % общемирового количества [1].

Это в полной мере относится и к Волжскому бассейну (ВБ), занимающему около 8 % территории России, на которой проживает 61 млн. чел., или более 40 % населения страны, здоровье которого во многом зависит, в том числе и от состояния АВ.

Администрация ВБ осуществляет свою деятельность на территории 11 областей и 6 республик Поволжья. Общая протяжённость внутренних водных путей в границах ВБ в 2023 г. составляет 9252,3 км. В рабочем ядре Администрации ВБ находится 179 единиц флота, включающего различные виды судов (грузовые суда, танкеры, пассажирские и речные теплоходы) [2].

Опасность загрязнения АВ с судов, эксплуатируемых на ВБ, как и на других водных бассейнах, происходит выбросами ВГ судовыми энергетическими установками несгоревших частиц топлива (газообразных, жидких и твердых), поступающих из цилиндров дизеля в его выпускную систему. Выбросы несгоревших частиц топлива несут с собой вредные химические соединения. Исследования состава ВГ двигателей внутреннего сгорания показывают, что «в атмосферу попадает около 200 химических соединений, которые оказывают негативное воздействие на ОС и живые организмы, в том числе человека. Период существования этих веществ длится от нескольких минут до 4-5 лет [3].

Составным компонентом ВГ является сажа – частицы твердого углерода черного цвета – черный углерод (ЧУ) с размерами 0,3-100 мкм, образующиеся при неполном сгорании и термическом разложении углеводородов топлива. Сажа с адсорбированными на ее поверхности токсичными веществами, включая, например, бензапирен. Частицы ЧУ попадают в организм человека через лёгкие в процессе дыхания, через желудочно-кишечный тракт с водой и пищей, а также через кожу и слизистые оболочки [4].

По воздействию на организм человека и ОС химические вещества, входящие в состав ВГ, подразделяются на следующие группы: токсичные (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CH/г, свинцовые соединения); канцерогенные (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>); раздражающего действия (акролеин, формальдегид, SO<sub>2</sub>, CH); изменяющие качество среды обитания (C<sub>w</sub>H, C, пары масел).

Эксплуатация судов ВГ на ВБ осуществляется достаточно интенсивно, так, например, через гидротехнические сооружения ФБУ «Администрация Волжского бассейна» с начала навигации 2023 г. прошло 20 тыс. судов. Исходя из того, что «на работу двигателя судна в сутки расходуется в среднем порядка 40 т дизельного топлива, 2 % из которого не сгорает и его недожог выбрасывается в АВ с ВГ значительное количество токсичных веществ [5, 6]. Несложные расчеты в этих условиях показывают, что с начала навигации 2023 г. в АВ на ВБ выброшено порядка 8 тыс. т токсичных веществ.

Основными причинами образования токсичных веществ в ВГ являются: вид используемого топлива, его качество, несовершенство процессов сгорания топлива в двигателе, загрязнение топлива различными примесями и добавками, загрязнение или засорение воздушного фильтра или подводных каналов.

Существуют два наиболее реально реализуемых направления снижения загрязнения АВ ВГ от работы двигателей судов ВГ.

Первое связано с заменой традиционного дизельного топлива на экологически более чистое альтернативное топливо, например, природный газ в виде СПГ, использование которого приводит к существенному сокращению выбросов загрязняющих веществ с ВГ.

Второе направление - меры технического (технологического) характера.

Сущность и содержание каждого из указанных направлений в основном сводится к следующему.

Возможность замены традиционного дизельного топлива на альтернативное топливо. В мировой и отечественной практике накоплен достаточно большой опыт успешной эксплуатации транспортных средств, использующих природный газ в качестве моторного топлива в компримированном или криогенном виде. При этом существенное отличие выбросов вредных веществ объясняется тем, что газовое топливо более полно сгорает в цилиндрах двигателя, а продукты его сгорания намного меньше загрязняют АВ ядовитыми веществами. В результате чего содержание окиси углерода в ВГ меньше на 25-

40 %; окиси азота на 25-30 %; сажи на 40-50 %. При этом ВГ почти не содержат оксида углерода.

В отечественной практике было проведено ряд исследований по переводу судов ВТ на природный газ [7,8]. Однако по различным причинам, в особенности по пожарной и экологической безопасности (ПЭБ), работы по поиску путей и методов внедрения СПГ на судах ВТ в условиях России пока не получили своего дальнейшего широкого развития.

Обобщение и анализ результатов имеющегося опыта, а также результатов собственных исследований [8] позволяет предложить возможный способ перевода судов ВТ, эксплуатируемых на ВБ на СПГ.

По аналогии с судами на традиционном топливе, суда, использующие СПГ, в составе топливной системы должны иметь соответствующие традиционные технические элементы. Основными отличительными конструктивными особенностями топливной системы судна с СПГ от топливной системы судна, работающего на традиционном топливе, с точки зрения обеспечения ПЭБ, являются: наличие емкости с СПГ, системы испарителей СПГ, криогенных трубопроводов и запорной арматуры для безопасной подачи СПГ от судовой емкости СПГ к испарителю. Опасность загазованности и пожарной ситуации на судне с СПГ могут вызывать: давление, температура, скорость потока СПГ и концентрация газа [8].

С учетом этого, в общей системе повышения ПЭБ эксплуатации судна на СПГ необходимо иметь на нем автоматизированную систему, способную осуществлять постоянный контроль параметров, определяющих пожарную опасность и загазованность судна. В обобщенном виде такая система контроля должна представлять собой автоматизированную систему контроля ПЭБ (АСКПЭБ). Целью такой системы является своевременное и оперативное выявление факта возникновения источника аварийной ситуации на судне, выдача соответствующей информации на блок управления судном и экстренное реагирование на аварийную ситуацию.

Основными элементами АСКПЭБ должны являться средства автоматического контроля загазованности, включающие датчики горючих газов и газоанализаторы, обрабатывающие сигналы от датчиков и передающие их на блок управления судна для подачи сигналов на аварийную сигнализацию и запорную арматуру подачи СПГ.

Датчики контроля параметров, влияющих на пожарную безопасность и загазованность на судне, должны располагаться в ключевых местах СЭУ, а так же датчики контроля концентрации, находящиеся в помещении судна с потенциальной опасностью выброса СПГ и датчики, относящиеся к системе контроля работы двигателя, по отказоустойчивому каналу должны обмениваться информацией с автоматизированной системой управления судном, а в случае отсутствия связи должны иметь возможность в автоматическом режиме контролировать наблюдаемые параметры.

АСКПЭБ должна осуществлять оповещение экипажа судна световыми и звуковым сигналами при возникновении опасных ситуаций с выходом СПГ и выдачи сигналов на запорное оборудование для экстренной остановки подачи СПГ в топливную систему.

Конструктивно АСКПЭБ представляет собой систему датчиков, в автоматизированном режиме осуществляющую контроль параметров СПГ, передающую контрольную информацию на ЦПУ и подающую управляющие сигналы запорной арматуре в случае возникновения аварийной ситуации пожарной опасности и загазованности. Составными частями системы являются следующие датчики контроля: давления СПГ, температуры СПГ, скорости потока СПГ.

Принцип работы АСКПЭБ заключается в том, что формируемый датчиками сигнал контроля параметров СПГ поступает на ЦПУ, а также имеет возможность передачи управляющего сигнала к запорной арматуре, перекрывающей подачу СПГ, в случае превышения контролируемыми параметрами пороговых значений.

Меры технического (технологического) характера. Основными мерами технического характера, приводящими к снижению загрязнения АВ токсичными веществами ВГ, являются: совершенствование процесса сгорания топлива; повышение

качества топлива; применение различных способов очистки ВГ от токсичных веществ; осуществление контроля за состоянием воздушного фильтра и своевременностью его смены; периодическая проверка герметичности воздушных каналов (шланги, хомуты); осуществление контроля за исправностью топливного насоса высокого давления и контроля за возможным отложением нагара на распылителе топливных форсунок; проверка электромагнитного датчика ЕГР (система рециркуляции ВГ); проверка компрессии в цилиндрах; регулярная очистка и промывка противосажевого фильтра.

Наряду с перечисленными методами снижения загрязнения АВ токсичными веществами ВГ существуют и другие, в частности, например, установка нейтрализаторов, которые бывают трех типов: каталитические (могут совмещать функции окисления и восстановления); термические (основаны на ускорении окисления продуктов горения, нейтрализует оксид углерода, альдегиды, частицы сажи) и жидкостные (пропускают через слой жидкости, как правило, воды, поглощаются сажа, бензапирен, окислы серы, формальдегид). Также возможна установка сажевых фильтров для снижения выброса сажевых частиц в АВ с ВГ, что позволяет добиться снижения частиц сажи в ВГ до 80-100 %.

Таким образом, в результате проведенных исследований показано, что суда водного транспорта, эксплуатируемые на ВБ, существенно загрязняют атмосферный воздух выхлопными газами. Основными причинами образования токсичных веществ в ВГ являются: вид используемого топлива, его качество, несовершенство процессов сгорания топлива в двигателе, загрязнение топлива различными примесями и добавками, загрязнение или засорение воздушного фильтра или подводящих каналов.

Существуют два наиболее реально реализуемых направления снижения загрязнения АВ ВГ от работы двигателей судов ВТ, осуществление которых может повысить экологическую безопасность судов, эксплуатируемых на ВБ. Первое связано с заменой традиционного дизельного топлива на экологически более чистое альтернативное топливо, например, природный газ в виде СПГ, использование которого приводит к существенному сокращению выбросов загрязняющих веществ с ВГ. Второе направление - меры технического (технологического) характера, связанные в основном с совершенствованием процесса сгорания топлива, повышением качества топлива, применением различных способов очистки ВГ от токсичных веществ и осуществлением контроля за выбросами ВГ в ходе эксплуатации судна.

### **Список литературы:**

1. Журнал Greenlogia «Влияние морского и речного транспорта на окружающую среду, как насущная проблема современности». URL: — Режим доступа: <https://greenologia.ru/eko-problemy/gidrosfera/rechnoi-transport.html> (дата обращения: 25.10.2023).
2. Администрация Волжского бассейна ВВП откроет в этом году сотую навигацию. - URL: [https://flagman-news.ru/news/puti\\_i\\_portu/administraciya\\_volzhckogo\\_basseina\\_vvp\\_otkroet\\_v\\_etom\\_godu\\_cotuu\\_navigaciju.html](https://flagman-news.ru/news/puti_i_portu/administraciya_volzhckogo_basseina_vvp_otkroet_v_etom_godu_cotuu_navigaciju.html) (дата обращения: 25.10.2023).
3. Особенности негативного воздействия водного транспорта на состояние окружающей среды и требования по его нормированию. - URL: [https://vuzdoc.org/37655/estestvoznanie/osobennosti\\_negativnogo\\_vozdeystviya\\_vodnogo\\_transporta\\_sostoyanie\\_okruzhayushey\\_sredy\\_trebovaniya\\_normirovaniya](https://vuzdoc.org/37655/estestvoznanie/osobennosti_negativnogo_vozdeystviya_vodnogo_transporta_sostoyanie_okruzhayushey_sredy_trebovaniya_normirovaniya) (дата обращения: 30.10.2023).
4. Возможные пути и методы снижения загрязнения атмосферного воздуха сажей выхлопных газов дизельных двигателей транспортных средств/ Новиков В.К., Гончаров А.Д., Новиков С.В. В сборнике: Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. материалы Всероссийской научной конференции с международным участием молодых ученых и специалистов. Казань, 2021. С. 640-646.

5. Количество прошедших через ГТС Волжского бассейна судов с начала навигации 2023 года выросло на 13 %. Режим доступа: <https://portnews.ru/news/353114/?ysclid=lmd9bhjdmn718752006> (дата обращения: 01.11.2023).
6. Горбунов В.В. Токсичность двигателей внутреннего сгорания [Текст]: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. "Двигатели внутр. сгорания" / В. В. Горбунов, Н. Н. Патрахальцев. - Москва: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 1998. - 214 с.
7. Епифанов В.С. Применение природного газа в судовых энергетических установках/В.С. Епифанов//Речной транспорт (XXI век). – 2008. - №4. – С.77-84. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-ekspluatatsii-vodnogo-transporta-i-pervyy-opyt-sozdaniya-otechestvennogo-sudna-n> (дата обращения: 02.11.2023).
8. Новиков В.К. Научно-методические основы обеспечения экологической и пожарной безопасности судна ВТ, работающего на СПГ // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции». «Речной Форум 2019». Омск: Изд-во ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ», 2019. С. 169-17.

## **IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF INLAND WATER TRANSPORT VESSELS OPERATED IN THE VOLGA BASIN FOR ATMOSPHERIC AIR**

Vasily K. Novikov, Vadim V. Alferov

*Annotation. The danger of atmospheric air pollution by exhaust gases of water transport vessels operated in the Volga basin is shown. The composition of chemical compounds in exhaust gases and their impact on the environment and living organisms, including humans, is given. The main reasons for the formation of toxic substances in exhaust gases and possible ways to reduce atmospheric air pollution by exhaust gases are listed. The possibility of transferring ships to an alternative more environmentally friendly fuel – liquefied natural gas is substantiated.*

*Keywords: Volga basin, water transport, ship, exhaust gases, pollution, atmospheric air, environmental safety.*