

Научная статья

УДК 614.841.2; DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-88-98

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ВЫБРОСАМИ АВТОМОБИЛЕЙ И КРУИЗНЫХ РЕЧНЫХ ТЕПЛОХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Ложкина Ольга Владимировна;

✉ **Калимуллина Ирина Фирузовна.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ kalimullina777@rambler.ru

Аннотация. Проведено прогнозное моделирование опасного техногенного воздействия автотранспортных потоков и речных круизных теплоходов на атмосферный воздух в зонах совместного влияния на примере Октябрьской набережной и Большого Обуховского моста Санкт-Петербурга. Установлено, что ключевым загрязнителем являются оксиды азота, прежде всего диоксид азота (NO₂), концентрации которого при неблагоприятных метеорологических и транспортных условиях могут существенно превышать предельно допустимые значения. Показано, что в зимний период при наличии температурных инверсий и штиля даже при меньшей интенсивности движения по сравнению с летним периодом концентрации NO₂ могут достигать 5–6 предельно-допустимой концентрации вблизи магистрали. В летний период, при увеличении транспортной нагрузки и одновременной работе двигателей круизных судов, уровень загрязнения в зоне выброса может возрасти до 7,5–8,5 предельно-допустимой концентрации.

Ключевые слова: прогнозирование, опасное техногенное воздействие, выбросы поллютантов, автотранспортные потоки, круизные речные теплоходы

Для цитирования: Ложкина О.В., Калимуллина И.Ф. Прогнозирование техногенных опасностей, обусловленных выбросами автомобилей и круизных речных теплоходов (на примере Санкт-Петербурга) // Проблемы управления рисками в техносфере. 2026. № 1 (77). С. 88–98. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-88-98

Scientific article

FORECASTING TECHNOGENIC HAZARDS CAUSED BY EMISSIONS FROM MOTOR VEHICLES AND CRUISE RIVER SHIPS (CASE STUDY OF SAINT-PETERSBURG)

Lozhkina Olga V.;

✉ **Kalimullina Irina F.**

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ kalimullina777@rambler.ru

Abstract. The study presents predictive modeling of hazardous anthropogenic impacts of motor vehicle traffic flows and river cruise ships on atmospheric air in zones of combined influence, using the example of Oktyabrskaya Embankment and the Big Obukhovsky Bridge in Saint Petersburg. It was found that the key pollutant is nitrogen oxides, primarily nitrogen dioxide (NO₂), whose concentrations under unfavorable meteorological and traffic conditions may significantly exceed permissible limits. It is shown that in winter, in the presence of temperature

inversions and calm conditions, even with lower traffic intensity compared to the summer period, NO₂ concentrations near the roadway can reach 5–6 times the maximum permissible concentration (MPC). In summer, with increased traffic load and simultaneous operation of cruise ship engines, pollution levels in the emission zone may rise to 7,5–8,5 MPC.

Keywords: forecasting, hazardous technogenic impact, pollutant emissions, road traffic flows, cruise river vessels

For citation: Lozhkina O.V., Kalimullina I.F. Forecasting technogenic hazards caused by emissions from motor vehicles and cruise river ships (case study of Saint-Petersburg) // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2026. № 1 (77). P. 88–98. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-88-98

Введение

По уровню высоких рисков для здоровья городского населения и благополучия среды обитания наиболее опасными являются зоны одновременного загрязнения несколькими источниками [1, 2]. В отношении транспортного комплекса такими зонами являются микрорайоны с развитой транспортной системой, включающей транспорт разных модальностей, например, в городах с развитой системой автомобильного и водного транспорта это районы вблизи автомобильных дорог, причалов, портов [3–7]. Испанские специалисты провели холистическое исследование влияния рекреационных судов на прибрежную зону Средиземного моря и ранжировали техногенное воздействие по рискам опасного воздействия: высокий риск связан с воздействием якорной стоянки на экосистемы донной растительности (*Posidonia oceanica*), шума от двигательных установок, с использованием токсичных противообрастающих материалов и переносом инвазивных видов организмов; значительные риски – со сбросом сточных вод, загрязнением воздуха, а также утечкой топлива и нефтепродуктов [4]. Исследователями из Италии на примере пяти локальных портовых зон г. Палермо с использованием подхода, основанного на Р-картировании и коэффициенте Парето, было показано, что основными источниками загрязнения являются моторные яхты, при этом отчетливо выделяются три основных вида негативного воздействия – это отходы от технического обслуживания, прямые выбросы загрязнителей и парниковых газов в атмосферу и утечки загрязняющих веществ в водную среду [5]. Совместно несколькими исследовательскими институтами и университетами балтийских стран (Швеции, Дании, Германии, Финляндии и Эстонии) было разработано новое программное обеспечение для оценки активности рекреационных судов в Балтийском море и прогнозирования выбросов от них [6]. Результаты апробации модели показали, что выбросы СО и неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) от рекреационных судов значительны и составляют соответственно 70 и 160 % от выбросов, эмитируемых в окружающую среду в Балтийском море зарегистрированными коммерческими судами. Загрязнение воздушной среды интенсивно в прибрежных жилых районах в летние месяцы [6].

Следует учитывать, что основное отличие пассажирских и коммерческих теплоходов от автотранспортных средств (АТС) и маломерных судов заключается в том, что размещенные на них энергетические установки предназначены не только для приведения судов в движение, но и для утилизации отходов, выработки тепловой и электрической энергии, удовлетворения общесудовых нужд экипажа и пассажиров, автономного выполнения различных производственных функций [8].

При интенсивной транспортной активности, сопровождающейся высокими выбросами загрязняющих веществ, штилевых погодных условиях и приподнятых инверсиях может происходить локальная аккумуляция опасных поллютантов в приземной атмосфере с повышением их концентраций до опасно высоких значений [9].

Опасное локальное воздействие судов на качество атмосферного воздуха происходит в местах расположения пассажирских и грузовых портов, причалов, пристаней, разгрузочных площадок, при маневрировании или начале движения, передвижении в акваториях города. Особенно опасно такое воздействие, если порты и причалы располагаются в черте городской жилой застройки. Такие выбросы характеризуются определенной периодичностью поступления, связанной с технологическим циклом обработки судов, отсутствием подфакельной чистой зоны, присущей организованным выбросам в атмосферу [10].

Целью настоящей работы явилось прогнозирование опасного загрязнения атмосферного воздуха в зонах совместного влияния автомобильного и водного транспорта на основе актуализированных данных о структуре и интенсивности движения автотранспортных потоков, потоков маломерных судов и теплоходов, уточненных значений факторов эмиссии загрязняющих веществ АТС и судами.

Объекты и методы исследования

Расчетное прогнозирование проведено на примере Санкт-Петербурга – города с развитой системой водного плавания, одновременно являющегося крупным морским и речным портом. Общий километраж всех водных городских артерий составляет около 282 км, а протяженность транзитной транспортной водной магистрали (р. Невы) в черте города – 28 км.

Одними из неблагоприятных зон совместного влияния автотранспорта (АТП) и водного транспорта, расположенных в жилой зоне города, являются окрестности Большого Обуховского моста, по которому проходит самая оживленная автомагистраль города – КАД Санкт-Петербурга. Вблизи магистрали расположены Невский грузовой район и пассажирский терминал речного порта.

Исследование структуры и интенсивности движения АТП на указанном участке улично-дорожной городской сети (УДГС) осуществляли по «Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха» (утвержден приказом Минприроды России от 27 ноября 2019 г. № 804). Проводилось фильмирование АТП в обоих направлениях движения и последующий подсчет АТС по пяти категориям: пассажирские легковые автомобили, легкий коммерческий транспорт (микроавтобусы и автофургоны), грузовые автомобили массой менее 12 т, грузовые автомобили массой более 12 т и автобусы.

Для каждого загрязняющего вещества i -й валовый выброс на рассматриваемом участке УДГС определялся с учетом интенсивности движения, длины участка, фактора эмиссии и поправочного коэффициента на скорость:

$$E_i = \frac{L}{3600} \cdot \sum_{k=5} G_k \cdot EF_{k,i} \cdot r_i(V_k),$$

где G_k – интенсивность движения транспортных средств k -й категории, авт./ч; $EF_{k,i}$ – фактор эмиссии i -го загрязняющего вещества для k -й категории, г/(авт·км); $r_i(V_k)$ – поправочный коэффициент по средней скорости движения автомобилей k -й категории (V_k); L – длина участка УДГС, км.

Среднее по АТП значение выброса на УДГС определялось как взвешенное по структуре потока значение факторов эмиссии:

$$EF_i^{cp} = \sum_{k=5} f_k \cdot EF_{k,i} \cdot r_i(V_k),$$

где f_k – доля транспортных средств k -й категории в общем потоке:

$$f_k = \frac{G_k}{\sum_{k=5} G_k}.$$

Пассажирский речной комплекс Санкт-Петербурга включает три пассажирских причала между Володарским и Большим Обуховским мостом на противоположных берегах р. Невы: речной порт на пр. Обуховской обороны, причалы «Уткина заводь» и Соляной на Октябрьской набережной, он представляет собой важный элемент транспортной и туристической инфраструктуры города, обеспечивающий функционирование речных пассажирских перевозок и круизного сообщения по внутренним водным путям Российской Федерации. Его географическое положение обуславливает удобный выход к основным водным магистралям Северо-Запада России, включая Неву, Ладожское и Онежское озёра, а также Волго-Балтийский водный путь.

Функционально речной вокзал выполняет комплекс задач, связанных с обслуживанием пассажиров и судов внутреннего водного транспорта. К числу его ключевых функций относятся регистрация и посадка пассажиров, организация приёма и отправления круизных теплоходов, а также обеспечение логистики туристических маршрутов. Через данный транспортный узел осуществляется отправление круизов различной продолжительности и направленности, включая маршруты до островов Валаам и Кижи, а также протяжённые рейсы до Москвы и городов Поволжья. В архитектурно-планировочном отношении речной вокзал представляет собой не единое здание, а комплекс сооружений, включающий причальные линии, административные и обслуживающие объекты.

Расчетное исследование опасного техногенного воздействия автомобилей и судов по показателям загрязнения атмосферного воздуха осуществляли согласно «Методам расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (утвержденных приказом Минприроды России от 6 июня 2017 г. № 273), с использованием уточненных значений факторов эмиссии поллютантов для автотранспортных средств и теплоходов.

Автотранспортные потоки на КАД были стилизованы в виде наземных линейных неорганизованных холодных источников выбросов, для которых максимальная приземная концентрация i -го загрязнителя (C_{M_i}), г/м³ рассчитывалась по уравнению:

$$C_{M_i} = \frac{AM_i n \eta LV_1}{4H^{4/3} V_1 (L^2 W_0 + V_1)}$$

где A – коэффициент, отражающий стратификацию; M_i – суммарный выброс i -го поллютанта от АТП, г/с; n и η – безразмерные коэффициенты, учитывающие соответственно геометрические и температурные параметры источника выброса и влияние прилегающей застройки; L – протяженность участка, м; V_1 – объем выброса в единицу времени, м³/с; H – высота источника выброса, м; W_0 – линейная скорость выброса, м/с.

Дымовые трубы круизных речных теплоходов были стилизованы в виде совокупности неорганизованных точечных источников с круглым устьем, а максимальная разовая концентрация i -го загрязнителя (C_{M_i}), г/м³ рассчитывалась по уравнению:

$$C_{M_i} = \frac{AM_i n \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}$$

где ΔT (°C) – разность между температурой эмитируемых в окружающую среду отработавших газов и температурой наружного воздуха.

Расчет и визуализация результатов осуществлялись с помощью программных продуктов «Магистраль» и «Эколог» (НПФ «Интеграл», Санкт-Петербург), расчетные алгоритмы которых построены на уравнениях, описанных в вышеупомянутых методиках.

Результаты и обсуждение

Натурное наблюдение за интенсивностью движения и структурой АТП на обследуемом участке КАД в летний период проводилось в часы максимальной транспортной нагрузки – вечером в пятницу и в воскресенье, когда жители Санкт-Петербурга массово выезжают загород или возвращаются в город. В зимнее время для выявления максимального трафика наблюдения выполнялись в часы «пик»: в утренние часы с 8.00 до 10.00 и вечерние часы с 18.00 до 20.00 (рис. 1).

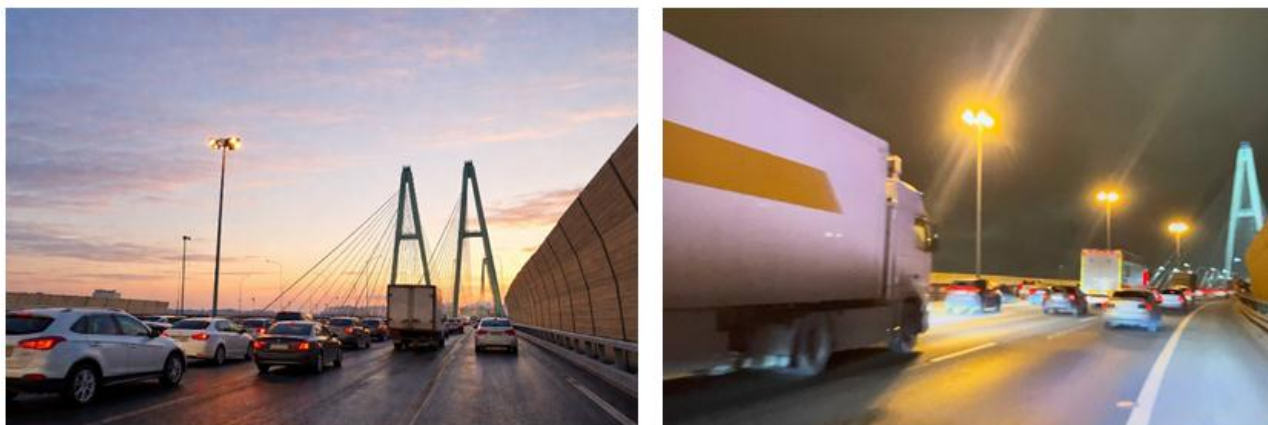


Рис. 1. Автотранспортные потоки на Большом Обуховском мосту Санкт-Петербурга, декабрь 2025 г.

Результаты выполненных натурных обследований интенсивности движения автотранспорта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты обследования интенсивности движения автотранспортных потоков на Большом Обуховском мосту

Дата проведения наблюдений	Время наблюдений (20 мин)	Число автомобилей по категориям					Средняя скорость движения потока, км/ч		
		Л	АМ	$\Gamma_{\leq 12}$	$\Gamma_{> 12}$	$A_{> 3,5}$	Легковые	Грузовые	Автобусы
Лето									
06.06.2025	17:50–18:10	3365	151	59	151	34	70	60	60
15.06.2025	17:50–18:10	2793	195	62	165	57	70	60	60
20.06.2025	17:50–18:10	3007	179	65	161	48	70	10	60
Зима									
02.12.2025	08:00–08:20	1387	187	124	89	57	90	80	80
02.12.2025	09:00–09:20	842	162	67	64	46	90	80	80
02.12.2025	18:00–18:20	1121	112	42	127	74	90	80	80
02.12.2025	19:00–19:20	867	64	16	104	43	90	80	80

На основе данных наблюдения были сделаны выводы о том, что:

– интенсивность движения легковых автомобилей и грузовых автомобилей свыше 12 т в часы пик в летний период на Большом Обуховском мосту соответственно в 2,9 и 1,7 раз выше, чем в зимний, что, очевидно, создает дополнительную техногенную нагрузку, как на самом этом сегменте КАД, так и в его окрестностях;

– интенсивности движения остальных типов АТС сопоставимы и отличаются соответственно на 25,1 % для легкого коммерческого транспорта, 1,6 % для грузовиков весом менее 12 т, 16,3 % – для автобусов;

– доля грузового автотранспорта в потоке летом составила 6,3 %, а зимой – 11,3 %;

– максимальный трафик зимой наблюдался в утренний час пик с восьми до девяти утра, а в вечерний – с половины шестого до половины седьмого;

– максимальная из установленных интенсивностей движения в пересчете на час летом составила 11 280 авт./ч, а зимой – 5 532 авт./ч.

Как уже было сказано выше, для расчета выбросов от потока грузовых автомобилей использовались факторы эмиссии поллютантов, установленные методикой определения выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников, а легковых, легких коммерческих автомобилей и автобусов, обоснованные в исследовании К.Б. Мальчикова [11, 12].

Сведения об отправлении речных круизных теплоходов в июньские праздничные выходные дни 2026 г., находящиеся в свободном доступе на официальном сайте Речного вокзала Санкт-Петербурга <https://spb-riverpassengerport.ru/kruizu-iz-spb/>, обобщены в табл. 2. Здесь же приведены данные о типах судов, годах их ввода в эксплуатацию и типах двигательных установок, которыми они оборудованы.

Таблица 2

**Расписание отправления речных круизных теплоходов на 12.06.2026–14.06.2026
от причала в Уткиной заводи Санкт-Петербурга и характеристики судов**

Время и дата отправления, день недели	Теплоход	Год постройки	Проект	Тип двигателя
17:00, 12.06.2026, Пятн.	Владимир Маяковский	1978	301	3 дизельных главных дизеля, суммарно 3 × 736 кВт
17:00, 12.06.2026, Пятн.	Кронштадт	1979	301	3 × 6ЧРН 36/45, суммарно около 2 208 кВт
19:00, 12.06.2026, Пятн.	Юрий Андропов	1986	302	3 дизельных главных двигателя, марка 6ЧРН 36/45 (Г-70-5)
17:00, 13.06.2026, Субб.	Георгий Чичерин	1988	302	3 дизельных главных двигателя, 6 ЧРН 36/45 (Г-70-5)
17:00, 14.06.2026, Воскр.	Константин Симонов	1984	302	3 дизельных главных двигателя, 6 ЧРН 36/45 (Г-70-5)
19:00, 14.06.2026, Воскр.	Ленин	1987	302	3 × 6ЧРН 36/45, суммарно около 2 208 кВт
19:00, 14.06.2026, Воскр.	Симфония Севера	1983	302	3 дизельных главных двигателя, 6 ЧРН 36/45
19:00, 14.06.2026, Воскр.	Лунная Соната	1988	302	3 × 6ЧРН 36/45, суммарно около 2 208 кВт
20:00, 14.06.2026, Воскр.	Леонид Соболев	1985	302	3 × 6ЧРН 36/45, суммарно около 2 208 кВт
20:00, 14.06.2026, Воскр.	Александра (Т.Г. Шевченко)	1991	302	3 дизельных главных двигателя, 3 × 736 кВт

Из данных табл. 2 следует, что современный флот круизных речных судов в основном состоит из реновированных 4-палубных теплоходов 301 проекта, производившихся с 1974 по 1983 г., 92–016 проекта, выпускавшихся с 1976 по 1983 г., и 302 проекта, пополнявших флот с 1984 по 1992 г. Возраст перечисленных в табл. 2 судов весьма солиден – 35–48 лет. Высокая эксплуатационная изношенность двигательных установок сопровождается высокими выбросами загрязняющих веществ. В выходные дни от причала за короткий временной интервал отправляется в рейс несколько теплоходов, например в воскресенье 14.06.26 в 19.00 отправятся в рейс три теплохода, а в 20.00 – еще два. Запуск и прогрев перед отплытием основных двигателей приводит к залповому выбросу загрязняющих веществ. На рис. 2 приведены фотографии речных круизных теплоходов, готовящихся к отправке в рейс от причала в Уткиной заводи Санкт-Петербурга.



а

б

Рис. 2. а) Причал речных круизных теплоходов в Уткиной заводи Санкт-Петербурга; б) Подготовка к отправлению теплохода в рейс с работающими главными двигателями

Исследованию загрязнения воздушной среды двигателями речных судов посвящены труды профессора А.А. Иванченко; в частности, обоснованные по результатам замеров значения удельных выбросов судовых дизелей опубликованы в работах [13–15]. Эти значения были переведены из единиц измерения «г/кВтч» в единицы измерения «г/с». Они представлены в табл. 3.

Таблица 3

Факторы эмиссии судовых дизельных двигателей

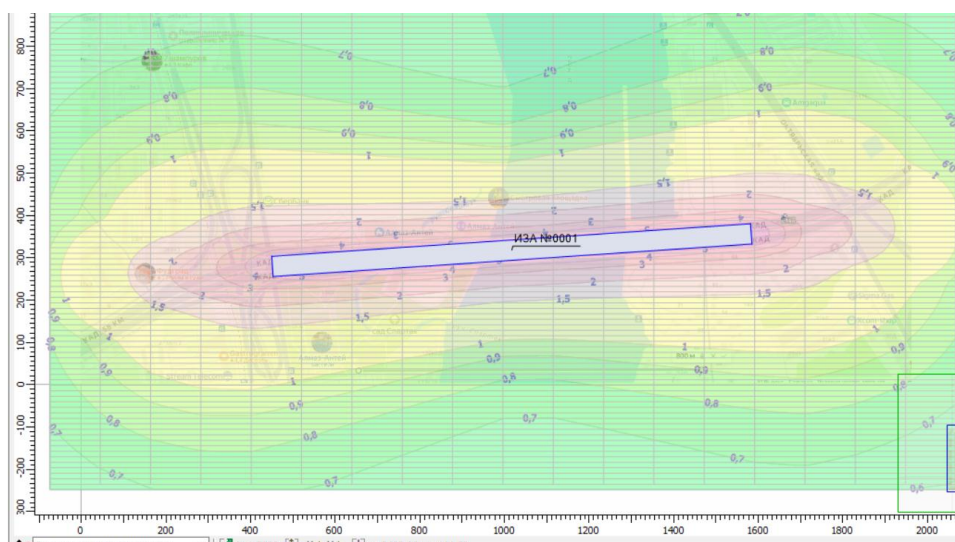
Проект судна	Тип двигателя	Мощность двигателя	Дымность ОГ, %	Факторы эмиссии, г/с							
				Режим работы P_e/P_{e_n} , %							
				25 %		50 %		75 %		100 %	
				NO _x	CO	NO _x	CO	NO _x	CO	NO _x	CO
301, 302	6ЧРН36/45 (ЭГ70-5)	742 кВт	–	–	–	3,00	0	2,66	0	2,10	1,22
92-016	6ЧРН 36/45 (ЭГ70-5)	742 кВт	0–13	–	–	2,93	0	2,37	0,14	2,04	0,60

В исследовании были рассмотрены два расчетных сценария загрязнения воздуха вблизи Большого Обуховского моста транспортными потоками:

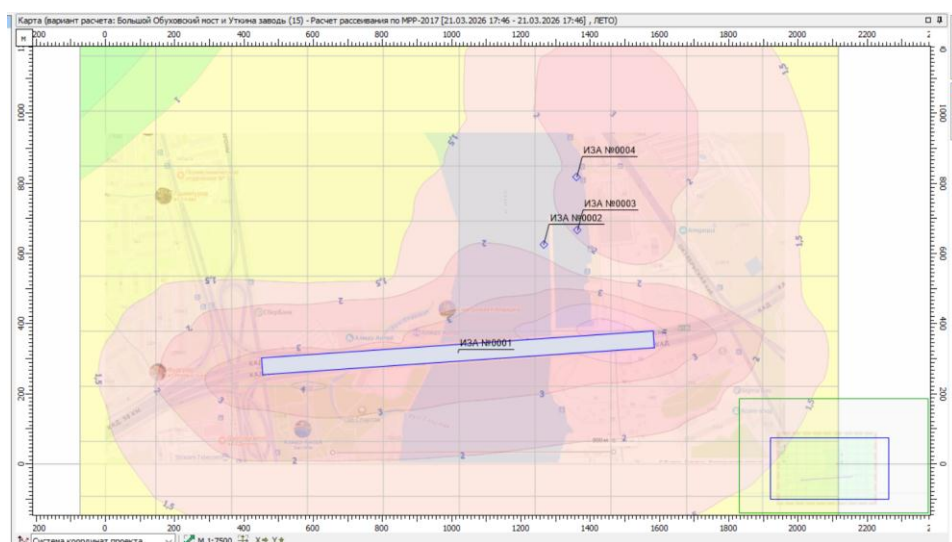
Сценарий 1 «Зима»: фактическая максимальная интенсивность движения АТС в утренний час пик (табл. 1); штиль, температурная инверсия.

Сценарий 2 «Лето»: фактическая максимальная интенсивность движения АТС в вечерний час пик (табл. 1); от причалов в Уткиной заводи готовятся к отправлению три теплохода 301 и 302 проектов с работающими вспомогательными и основными двигателями.

Результаты расчетов и визуализированы на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3. Карты прогнозируемого загрязнения воздуха оксидами азота (в пересчете на диоксид азота) при неблагоприятных транспортных и метеоусловиях и окрестностях Большого Обуховского моста и Октябрьской набережной: а) от автотранспортных потоков в зимний сезон; б) от автотранспортных потоков и круизных речных теплоходов в летний сезон

В результате моделирования, выполненного для неблагоприятных атмосферных условий и интенсивного движения транспорта, было выявлено, что наиболее серьезную проблему представляет загрязнение воздуха оксидами азота. В периоды интенсивного солнечного излучения, когда высока степень трансформации NO в NO_2 (протекающая с участием тропосферного O_3), концентрация наиболее токсичного диоксида азота может значительно превышать предельно допустимые нормы (ПДК): в зимний период в непосредственной близости к магистрали – до 5–6 раз, а на удалении 150–200 м – до 1,5–2 ПДК (рис. 3 а). Летом в часы пик, когда существенно увеличивается количество легковых пассажирских автомобилей в транспортном потоке и наблюдается высокая судоходная активность, ситуация становится еще более критической: уровень превышения может составлять 7,5–8,5 ПДК прямо на магистрали, до 2,5–3,5 ПДК на удалении 100–200 м от нее; совместное воздействие выбросов от АТП и круизных судов может приводить к повышению концентраций оксидов азота в жилых микрорайонах, находящихся на расстоянии от 350 до 450 м от источников выбросов, до 1,5–2,5 ПДК (рис. 3 б).

Заключение

Результаты прогнозного исследования подтвердили, что выбросы от автотранспортных потоков и речных судов могут оказывать опасное техногенное воздействие на окружающую среду, и степень этого воздействия определяется состоянием атмосферы и характеристиками передвижных нестационарных источников выбросов – интенсивностью движения и структурой автотранспортных потоков, режимом эксплуатации судов, возрастом транспортных средств, косвенно характеризующим изношенность двигательных установок.

На примере численного исследования загрязнения воздушной среды вблизи Большого Обуховского моста и Октябрьской набережной Санкт-Петербурга было показано, что зимой при интенсивности движения автомобилей в два раза меньшей, чем летом (5 532 и 11 280 авт./ч соответственно), в периоды нередко наблюдающихся температурных инверсий и штиля концентрация диоксида азота может достигать 5–6 ПДК на дороге и 1,5–2 ПДК на расстоянии 150–200 м от нее. Летом же опасное негативное воздействие автотранспорта усугубляется воздействием речных круизных теплоходов. Непосредственно в зоне выброса, а автотранспортные потоки и круизные речные теплоходы относятся к низким источникам загрязнения, поэтому в этом случае максимальные концентрации поллютантов формируются непосредственно у источника, содержание NO₂ может увеличиваться до 7,5–8,5 ПДК, на расстоянии 100–200 м – до 2,5–3,5 ПДК, в районах прилегающей жилой застройки – 1,5–2,5 ПДК.

Список источников

1. Совместное использование детерминистической и стохастической моделей для прогнозирования загрязнения воздушного бассейна городов / Е.Л. Генихович [и др.] // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2024. № 612. С. 37–81.
2. Modelling of extreme concentrations of atmospheric pollutants, their forecast and practical applications in Russia / E. Genikhovich [et al.] // *Enviromis 2020: избранные труды Междунар. конф. и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды*. Томск, 2020. С. 386–387.
3. Интеллектуальные технологии для поддержки принятия управленческих решений в сфере экологической безопасности транспорта в больших городах-портах / О.В. Ложкина [и др.] // *Морские интеллектуальные технологии*. 2020. № 2-1 (48). С. 133–141. DOI: 10.37220/MIT.2020.48.2.010
4. Carreño A., Lloret J. Environmental impacts of increasing leisure boating activity in Mediterranean coastal waters // *Ocean & Coastal Management*. 2021. Vol. 209. 105693. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105693
5. Leisure Boating Environmental Footprint: A Study of Leisure Marinas in Palermo, Italy / M. Bruccoleri [et al.] // *Sustainability*. 2023. V. 15. № 182. DOI: 10.3390/su15010182
6. Model for leisure boat activities and emissions – implementation for the Baltic Sea / L. Johansson [et al.] // *Ocean Science*. 2021. Vol. № 16 (5). P. 1143–1163. DOI: 10.5194/os-16-1143-2020
7. Zimakowska-Laskowska M., Kniaziewicz T. Analysis of methods for estimating pollutant emissions from marine engines in terms of their use for evaluating ambient air quality // *Combustion Engines*. 2025. Vol. 202 (3). P. 3–10. DOI: 10.19206/CE-204922
8. On information technology development for monitoring of air pollution by road and water transport in large port cities (St. Petersburg, Vladivostok and Sevastopol) / V. Lozhkin [et al.] // *Communications in Computer and Information Science*. 2020. T. 1201. С. 384–396. DOI: 10.1007/978-3-030-46895-8_30
9. Ложкин В.Н. Прогнозирование опасного воздействия транспорта при чрезвычайных тропосферных явлениях путем применения искусственного интеллекта // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2025. № 3 (75). С. 59–66.

10. Прогнозирование опасного загрязнения воздуха круизными судами и автотранспортными средствами в зонах их совместного влияния в Севастополе, Владивостоке и Санкт-Петербурге / В.Н. Ложкин [и др.] // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 1 (81). С. 38–50. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.1.38-50
11. Мальчиков К.Б. Совершенствование методики мониторинга и прогнозирования опасного воздействия автотранспортных средств и судов на атмосферу в зонах их совместного влияния // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 4 (72). С. 202–211. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2024-4-202-211
12. Мальчиков К.Б., Ложкина О.В. Мониторинг и прогнозирование опасного загрязнения воздуха маломерными судами и автотранспортом // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2025. № 1 (80). С. 55–62.
13. Иванченко А.А., Петров А.П., Живлюк Г.Е. Энергетическая эффективность судов и регламентация выбросов парниковых газов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 103–112.
14. Иванченко А.А., Костылев И.И., Приходько И.В. Системный подход к предотвращению загрязнения атмосферы транспортом // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2019. № 2 (81). С. 26–30.
15. Иванченко А.А. Снижение чрезвычайного воздействия водного транспорта на атмосферу городской среды // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 2 (46). С. 90–93.

References

1. Совместное использование детерминистической и стохастической моделей для прогнозирования загрязнения воздушного бассейна городов / Е.Л. Генихович [и др.] // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2024. № 612. С. 37–81.
2. Modelling of extreme concentrations of atmospheric pollutants, their forecast and practical applications in Russia / E. Genikhovich [et al.] // *Enviromis 2020: izbrannye trudy Mezhdunar. konf. i shkoly molodyh uchenykh po izmereniyam, modelirovaniyu i informacionnym sistemam dlya izucheniya okruzhayushchej sredy*. Tomsk, 2020. S. 386–387.
3. Интеллектуальные технологии для поддержки принятия управленческих решений в сфере экологической безопасности транспорта в больших городах-портах / О.В. Ложкина [и др.] // *Морские интеллектуальные технологии*. 2020. № 2-1 (48). С. 133–141. DOI: 10.37220/MIT.2020.48.2.010
4. Carreño A., Lloret J. Environmental impacts of increasing leisure boating activity in Mediterranean coastal waters // *Ocean & Coastal Management*. 2021. Vol. 209. 105693. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105693
5. Leisure Boating Environmental Footprint: A Study of Leisure Marinas in Palermo, Italy / M. Bruccoleri [et al.] // *Sustainability*. 2023. V. 15. № 182. DOI: 10.3390/su15010182
6. Model for leisure boat activities and emissions – implementation for the Baltic Sea / L. Johansson [et al.] // *Ocean Science*. 2021. Vol. № 16 (5). P. 1143–1163. DOI: 10.5194/os-16-1143-2020
7. Zimakowska-Laskowska M., Kniaziewicz T. Analysis of methods for estimating pollutant emissions from marine engines in terms of their use for evaluating ambient air quality // *Combustion Engines*. 2025. Vol. 202 (3). P. 3–10. DOI: 10.19206/CE-204922
8. On information technology development for monitoring of air pollution by road and water transport in large port cities (St. Petersburg, Vladivostok and Sevastopol) / V. Lozhkin [et al.] // *Communications in Computer and Information Science*. 2020. T. 1201. S. 384–396. DOI: 10.1007/978-3-030-46895-8_30
9. Lozhkin V.N. Прогнозирование опасного воздействия транспорта при чрезвычайных тропосферных явлениях путем применения искусственного интеллекта // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2025. № 3 (75). С. 59–66.

10. Prognozirovanie opasnogo zagryazneniya vozduha kruiznymi sudami i avtotransportnymi sredstvami v zonah ih sovместного vliyaniya v Sevastopole, Vladivostoke i Sankt-Peterburge / V.N. Lozhkin [i dr.] // Voda i ekologiya: problemy i resheniya. 2020. № 1 (81). S. 38–50. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.1.38-50

11. Mal'chikov K.B. Sovershenstvovanie metodiki monitoringa i prognozirovaniya opasnogo vozdeystviya avtotransportnykh sredstv i sudov na atmosferu v zonah ih sovместного vliyaniya // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2024. № 4 (72). S. 202–211. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2024-4-202-211

12. Mal'chikov K.B., Lozhkina O.V. Monitoring i prognozirovanie opasnogo zagryazneniya vozduha malomernymi sudami i avtotransportom // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2025. № 1 (80). S. 55–62.

13. Ivanchenko A.A., Petrov A.P., Zhivlyuk G.E. Energeticheskaya effektivnost' sudov i reglamentaciya vybrosov parnikovyykh gazov // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. 2015. № 3 (31). С. 103–112.

14. Ivanchenko A.A., Kostylev I.I., Prihod'ko I.V. Cistemnyj podhod k predotvrashcheniyu zagryazneniya atmosfery transportom // Transport Rossijskoj Federacii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike. 2019. № 2 (81). S. 26–30.

15. Ivanchenko A.A. Snizhenie chrezvychajnogo vozdeystviya vodnogo transporta na atmosferu gorodskoj sredy // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 2 (46). S. 90–93.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 11.01.2026; одобрена после рецензирования: 20.02.2026; принята к публикации: 04.03.2026

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 11.01.2026; approved after review: 20.02.2026; accepted for publication: 04.03.2026

Информация об авторах:

Ложкина Ольга Владимировна, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, e-mail: olojkina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8604-2698>, SPIN-код: 6275-4249

Калимуллина Ирина Фирузовна, адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kalimullina777@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2875-7366>, SPIN-код: 7582-6020

Information about the authors:

Lozhkina Olga V., professor of the department of chemistry and combustion processes of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, candidate of chemical sciences, professor, e-mail: olojkina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8604-2698>, SPIN: 6275-4249

Kalimullina Irina F., adjunct of Saint Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: kalimullina777@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2875-7366>, SPIN: 7582-6020