
ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Научная статья

УДК 614.72; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-202-211

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СУДОВ НА АТМОСФЕРУ В ЗОНАХ ИХ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ

✉ Мальчиков Константин Борисович.

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

✉ malchikov87@mail.ru

Аннотация. Описана комплексная методика мониторинга и прогнозирования опасного воздействия выбросов автотранспорта и рекреационных судов в зонах их совместного влияния. Методика основана на уточненных данных о структуре автотранспортного потока и интенсивности движения автотранспортных средств и судов в историческом центре Санкт-Петербурга и на использовании факторов эмиссии поллютантов для учетных категорий автомобилей, однопалубных пассажирских теплоходов и маломерных судов, полученных экспериментальным путем. Результаты апробации разработанной методики показали, что вблизи обследуемых участков автодорог расчетные концентрации диоксида азота могут достигать значений от 1,89 до 7,22, а монооксида углерода – от 1,40 до 3,49 предельно допустимой концентрации, что может представлять опасность для здоровья населения Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: чрезвычайное загрязнение воздуха, мониторинг, прогнозирование, автотранспорт, водный транспорт

Для цитирования: 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: 10.61260/1998-8990-2024-4-202-211.

Scientific article

IMPROVING THE METHODOLOGY FOR MONITORING AND FORECASTING THE DANGEROUS EFFECTS OF MOTOR VEHICLES AND SHIPS ON THE ATMOSPHERE IN THE ZONES OF THEIR JOINT INFLUENCE

✉ Malchikov Konstantin B.

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

✉ malchikov87@mail.ru

Abstract. The article describes a comprehensive methodology for monitoring and forecasting the hazardous effects of emissions from motor vehicles and recreational vessels in zones of their joint influence. The methodology is based on updated information on the structure of the traffic flow and the intensity of traffic of vehicles and vessels in the historical center of St. Petersburg and on the use of pollutant emission factors for accounting categories of cars, single-deck passenger ships and small vessels obtained experimentally. The results of the approbation of the developed methodology showed that near the surveyed sections of highways, the calculated concentrations of nitrogen dioxide

can reach values from 1,89 to 7,22 of the maximum permissible concentration, and carbon monoxide from 1,40 to 3,49 of the maximum permissible concentration, which may pose a risk to the health of the population of Saint-Petersburg.

Keywords: emergency air pollution, monitoring, forecasting, vehicles, water transport

For citation: Malchikov K.B. Improving the methodology for monitoring and forecasting the dangerous effects of motor vehicles and ships on the atmosphere in the zones of their joint influence // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 4 (72). P. 202–211. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-202-211.

Введение

Одной из проблем чрезвычайного характера, свойственных большим городам, является опасно высокое загрязнение воздуха, которое представляет угрозу здоровью населения [1–4]. Мониторинг и прогнозирование химического загрязнения окружающей среды с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций входит в задачи Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России (НЦУКС) наряду с другими задачами. Для своевременного информирования населения об угрозе и возникновении чрезвычайного загрязнения воздуха, а также обоснования управленческих решений по обеспечению безопасности в условиях чрезвычайных ситуаций подобного рода требуется совершенствование расчетно-экспериментальных методов, позволяющих, в том числе, дифференцировать вклад различных источников в суммарное загрязнение. При этом необходимо учитывать, что более 80 % выбросов поллютантов в современных мегаполисах поступают в окружающую среду с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания транспортных средств (ТС).

Эффективность управленческих решений, направленных на снижение вредного воздействия транспортных выбросов на население и окружающую среду, зависит от качества мониторинга текущего загрязнения атмосферного воздуха и достоверности прогнозирования ситуации в будущем. Ключевыми параметрами прогнозных расчетных методик являются показатели выбросов передвижных транспортных источников, требующих постоянного уточнения и обновления в связи с изменяющейся типовой и возрастной структурой парка автотранспортных средств и флота судов и интенсивности их движения [5].

Задачами настоящего исследования явились:

- совершенствование метода мониторинга и прогнозирования опасного загрязнения воздушной среды ТС на основе уточненных данных о структуре и интенсивности движения автотранспортных потоков, однопалубных пассажирских теплоходов (ОПТ) и маломерных судов (МС), уточненных факторов эмиссии поллютантов (значений удельных пробеговых выбросов) для учетных категорий автотранспортных средств и судов;

- апробация предложенного методического подхода на примере прогнозного исследования загрязнения воздушной среды автотранспортом и МС в историческом центре Санкт-Петербурга с учетом сложившейся застройки.

Методы исследования

В качестве объекта исследования был выбран участок улично-дорожной сети Санкт-Петербурга в месте пересечения Московского пр. и р. Фонтанки (Обуховский мост): длина обследуемого участка – 473 м; ширина проезжей части – 24 м (шесть полос движения).

Исследования были проведены для следующих категорий автотранспортных средств и судов: легковые автомобили (Л), автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т (АМ), автобусы свыше 3,5 т (А), мотоциклы (М) (их выбор основывался на локальных нормативных требованиях по передвижению автотранспорта в историческом центре города), ОПТ, МС.

Значения удельных выбросов для автотранспортных средств, МС и однопалубных теплоходов были обоснованы с учетом результатов собственных экспериментальных исследований [6–9] и данных известных зарубежных методик Агентства по охране

окружающей среды США (U.S. Environmental Protection Agency – EPA) и Европейского агентства по окружающей среде (European Environment Agency – EEA).

Расчет выбросов от транспортных средств и их концентрационных полей рассеивания в атмосферном воздухе вблизи исследуемого участка улично-дорожной сети осуществлялся с использованием программных продуктов «Эколог» и «Магистраль» фирмы «Интеграл» (Санкт-Петербург).

Результаты и обсуждение

В работе было рассмотрено три варианта расчетных сценариев:

1. Оптимистичный (благоприятный).

2. Базовый («business as usual»).

3. Пессимистичный (неблагоприятный). Индикаторы прогнозных сценариев представлены в табл. 1.

Таблица 1

Индикаторы сценариев 1–3 для автомобилей

Тип ТС	Сценарий 1		Сценарий 2		Сценарий 3	
	Евро 0–3, %	Евро 4–5, %	Евро 0–3, %	Евро 4–5, %	Евро 0–3, %	Евро 4–5, %
Л	15	85	30	70	70	30
АМ	35	65	65	35	85	15
А	Евро 4–5*					
	ГТ	ДТ	ГТ	ДТ	ГТ	ДТ
	60	40	60	40	20	80

Примечание: ГТ – газомоторное топливо; ДТ – дизельное топливо; *по сведениям СПб ГУП «Пассажиравтотранс» автобусный парк состоит из автобусов 4–5 экологических классов

В Санкт-Петербурге за последние годы произошли серьезные изменения в структуре автопарка автобусов, выполняющих коммерческие перевозки по регулярным маршрутам общего пользования в организациях всех видов экономической деятельности. Доля автобусов, работающих на газомоторном топливе, выросла с 10 % в 2020 г. до 60 % в 2022 г.¹

Сценарий 1 (Оптимистичный) предполагает, что к 2030 г. будет происходить обновление автопарка, и в структуре транспортных потоков будут преобладать автомобили 4–5 экологических классов с пробегом менее 100 000 км.

В сценарии 2 (Базовом) предполагалось, что к 2025 г. в парке легковых автомобилей будут преобладать автомобили 4–5 экологических классов с пробегом менее 100 000 км, но их доля будет меньше в сравнении со сценарием, а в сегменте легкого коммерческого автотранспорта будут преобладать автомобили низких 0–3 экологических классов.

Сценарий 3 (Пессимистичный) предполагает устаревание парка автомобилей в силу социально-экономических факторов (с учетом современной тенденции старения автопарка в нашей стране в целом и в Санкт-Петербурге в частности²) и, как следствие, преобладание в транспортном потоке автомобилей с высокими показателями выбросов [10, 11]. Ранее автором было установлено [6, 9, 12], что автотранспортные средства 4–5 экологических классов

¹ Федеральная служба государственной статистики Министерства экономического развития Российской Федерации. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 14.10.2024).

² Аналитическое агентство «АВТОСТАТ». URL: <https://www.autostat.ru/news/> (дата обращения: 22.09.2024).

с высоким износом топливной аппаратуры и системы нейтрализации отработавших газов, о чем косвенно свидетельствует пробег более 100 000 км, демонстрируют выбросы на уровне автомобилей 0–3 экологических классов. В табл. 2 представлены данные о структуре транспортных потоков (автотранспорта и судов) и интенсивности их движения на обследуемом участке города.

Таблица 2

Усредненная структура транспортных потоков (автотранспорта и судов) и интенсивность их движения в месте пересечения Московского пр. и р. Фонтанки

Участок улично- дорожной сети	Интенсивность движения авт. / 20 мин								Интенсивность движения судов / 20 мин	
	Л		АМ		А > 3,5		М		ОПТ	МС
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Московский пр.	420	532	81	58	31	22	10	9	14	13
– в направлении ул. Садовой	166	197	43	26	14	9	4	5		
– в направлении Загородного пр.	254	335	38	32	17	13	6	4		
Наб. р. Фонтанки:	298	491	72	56	37	25	7	6		
– северная сторона	112	174	37	21	16	10	3	2		
– южная сторона	186	317	35	35	21	15	4	4		
Всего: 1 – 956 ед.; 2 – 1 199 ед.	718	1 023	153	114	68	47	17	15	Всего: 27	

Примечание: 1 – обычная транспортная нагрузка (сценарий 1 и 2); 2 – транспортная нагрузка в вечерние часы «пик» (сценарий 3)

Проведенные бортовые замеры выбросов двигателей учетных категорий автотранспортных средств указывали на их минимальные значения при скорости движения от 25 до 50 км/ч (сценарии 1 и 2), а максимальные – при скорости от 5 до 20 км/ч (сценарий 3). В табл. 3 представлены усредненные значения удельных пробеговых выбросов автотранспортных средств, полученные в результате математической обработки методом аналитического регрессионного квадратичного анализа данных экспериментальных натурных испытаний.

Таблица 3

Удельные пробеговые выбросы CO, CH и NO_x учетными категориями колесных ТС

Тип ТС	Сценарии 1 и 2			Сценарий 3		
	E_i (г/км) при $V_{тс} = 40$ км/ч			E_i (г/км) при $V_{тс} = 15$ км/ч		
	CO	CH	NO _x	CO	CH	NO _x
Л (Евро 0–3)	5,99	0,13	1,02	16,29	0,22	2,04
Л (Евро 4–5)	0,86	0,07	0,05	1,77	0,13	0,16
АМ (Евро 0–3)	16,53	0,17	3,52	28,10	0,42	3,89
АМ (Евро 4–5)	3,95	0,13	0,07	7,69	0,19	0,63
А > 3,5 (ГТ)	3,58	2,58	1,42	7,22	1,75	0,11
А > 3,5 (ДТ)	1,03	0,64	4,17	0,86	1,13	6,42
М	26,00	6,90	0,16	26,00	6,90	0,16

Примечание: E_i – пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества (г/км); $V_{тс}$ – скорость движения ТС (км/ч)

По действующим нормативным локальным ограничениям скорость движения ОПТ и МС не должна превышать 5 км/ч на акватории внутренних водных путей Санкт-Петербурга. В табл. 4 указаны индикаторы расчетных сценариев по распределению используемых на МС двигателей^{3,4}, а в табл. 5 – усредненные удельные выбросы учетных категорий судов.

Таблица 4

Индикаторы сценариев 1–3 для МС

Сценарий	Сценарии 1 и 2 ¹		Сценарий 3 ²	
Тип двигателя	2-тактный	4-тактный	2-тактный	4-тактный
Доля, %	75,0	25,0	100,0	–

Примечание: ¹ – методика ЕМЕР; ² – методика ЕРА

Таблица 5

Удельные выбросы CO, CH и NO_x учетных категорий судов для сценариев 1–3

Учетная группа судов	E _i (г/км) при V _c = 5 км/ч		
	CO	CH	NO _x
МС с 2-тактным бензиновым двигателем	82,76	8,55	0,01
МС с 4-тактным бензиновым двигателем	124,29	0,76	0,01
ОПТ с дизельным двигателем	55,33	1,32	9,47

Примечание: V_c – скорость движения судна (км/ч)

В сценарии 3 в качестве неблагоприятных метеорологических условий был принят штиль в летнее время года (скорость ветра 0,5 м/с). В соответствии с данными многолетних наблюдений среднемесячной скорости ветра в Санкт-Петербурге за 1966–2016 гг. средняя скорость ветра в летний период в городе составляет около 2 м/с (сценарии 1 и 2)⁵, при этом преобладают ветра западного (20 %), юго-западного (18 %) и южного (15 %) направлений.

При реализации расчетов были учтены высота зданий и особенности застройки. В исторической центральной части Санкт-Петербурга здания примерно одинаковой высоты ~ 17 м (так называемая «небесная линия» города) [13–17], для кварталов характерно прямоугольное очертание и непрерывный фронт жилых домов по периметру.

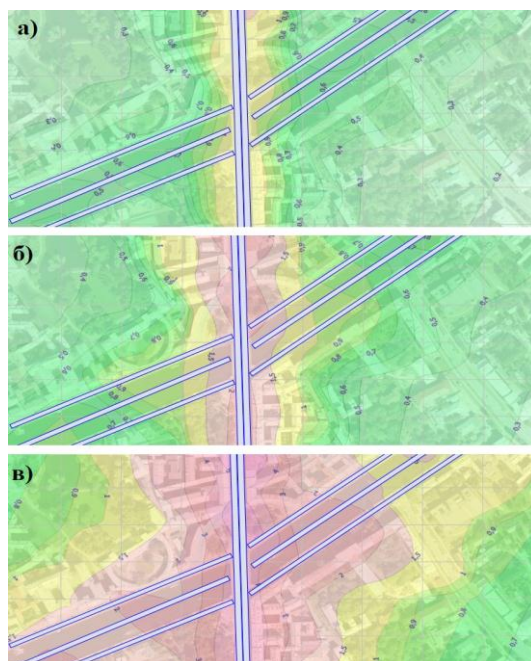
Для проведения расчетов концентрационных полей рассеивания выбросов поллютантов от автотранспортных потоков на исследуемом участке улично-дорожной сети использовалось программное обеспечение «Магистраль», в исходные базы которого были внесены данные об интенсивности движения автотранспортных потоков с учетом прогнозируемого распределения автомобилей по экологическим классам и факторы эмиссии учетных категорий ТС, а также метеоданные для каждого сценария. В дальнейшем результаты расчета выбросов

³ United States Environmental Protection Agency, США: база данных. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100NNRX.PDF?Dockkey=P100NNRX.PDF> (дата обращения: 22.09.2024).

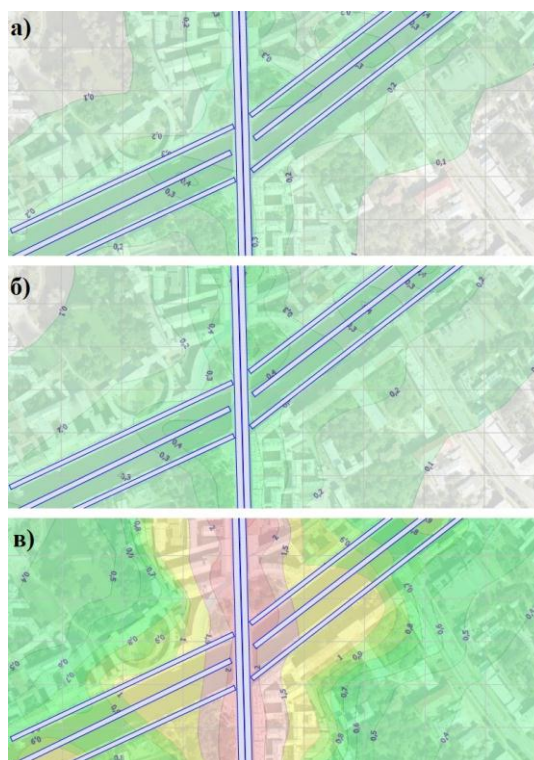
⁴ European Environment Agency website: база данных. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-d-navigation/view> (дата обращения: 22.09.2024).

⁵ Экологический портал Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга. URL: <https://www.infoeco.ru/index.php?id=982> (дата обращения: 01.09.2024).

вносились в расчетный модуль программного обеспечения «Эколог», с помощью которого осуществлялось численное моделирование загрязнения воздушной среды при неблагоприятных условиях. На рис. 1 и 2 представлены результаты расчетного прогнозирования загрязнения придорожного воздуха диоксидом азота NO_2 и монооксидом углерода CO в долях максимально разовых предельно допустимых концентраций ($\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$) по сценариям 1–3.



**Рис. 1. Результаты прогнозирования загрязнения воздушной среды NO_2 (в долях $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$) вблизи Московского пр. и р. Фонтанки:
а – сценарий 1; б– сценарий 2; в– сценарий 3**



**Рис. 2. Результаты прогнозирования загрязнения воздушной среды CO (в долях $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$) вблизи Московского пр. и р. Фонтанки:
а – сценарий 1; б – сценарий 2; в– сценарий 3**

Результаты расчетов по сценарию 1 (благоприятные для рассеивания примесей метеоусловия, обычная транспортная нагрузка вне часов «пик», высокая доля в потоке автомобилей 4 и 5 экологических классов) указывают на отсутствие превышения ПДК_{м.р.} монооксида азота NO (0,15 ПДК_{м.р.}), углеводородов CH (0,04 ПДК_{м.р.}), монооксида углерода CO (0,45 ПДК_{м.р.}). Исключением явился диоксид азота NO₂, расчетная концентрация которого вблизи Московского пр., в том числе в месте пересечения его с р. Фонтанкой, составляла от 1,13 до 1,89 ПДК_{м.р.}.

Результаты расчетов по сценарию 2 (благоприятные для рассеивания примесей метеоусловия, транспортная нагрузка вне часов «пик», высокая доля в потоке легковых автомобилей 4 и 5 экологических классов (70 %) и низкая их доля среди легкого коммерческого автотранспорта (35 %) также демонстрировали отсутствие превышения ПДК_{м.р.} монооксида азота NO (0,26 ПДК_{м.р.}), углеводородов CH (0,04 ПДК_{м.р.}), монооксида углерода CO (0,66 ПДК_{м.р.}). Так же как и в случае расчетного сценария 1, фиксировалось превышение ПДК_{м.р.} диоксида азота NO₂, расчетная концентрация которого вблизи Московского пр. (в том числе в месте пересечения его с р. Фонтанкой) составляла от 1,03 до 3,21.

Результаты расчетов по сценарию 3 тоже показали отсутствие превышения ПДК_{м.р.} монооксида азота NO (0,59 ПДК_{м.р.}) и углеводородов CH (0,10 ПДК_{м.р.}). В то же время было подтверждено, что при таких условиях возможно формирование в придорожной воздушной среде опасно высоких концентраций NO₂ – от 2,97 до 7,22 ПДК_{м.р.} и CO – от 1,40 до 3,49 ПДК_{м.р.}.

Проведенные ранее исследования подтверждают систематическое превышение предельно допустимых как максимально-разовых, так и среднесуточных концентраций диоксида азота NO₂ в Центральном р-не Санкт-Петербурга при сочетании неблагоприятных транспортных и метеорологических условий⁶ [18].

Доля выбросов учетных категорий судов (ОПТ и МС) в суммарных выбросах транспортных средств по сценарию 1 составила: CO – 51,77 %; CH – 33,70 %; NO₂ – 19,36 %; NO – 19,36 %. По сценарию 2: CO – 42,29 %; CH – 33,31 %; NO₂ – 12,55 %; NO – 12,55 %. По сценарию 3: CO – 10,15 %; CH – 23,12 %; NO₂ – 5,40 %; NO – 5,40 %.

Таким образом, результаты прогнозного расчета указывают на то, что если в структуре автотранспортного потока преобладают автомобили 4–5 экологических классов с пробегом менее 100 000 км (сценарии 1 и 2), влияние выбросов судов с двигателями без системы нейтрализации отработавших газов более весомо, чем в случае, если в движущемся потоке преобладают автотранспортные средства со значительным пробегом (более 100 000 км) и изношенной топливной аппаратурой и системой нейтрализации отработавших газов, пробеговые выбросы которых сопоставимы с автомобилями 0–3 экологических классов (сценарий 3).

Заключение

Усовершенствованная комплексная методика мониторинга и прогнозирования опасного воздействия выбросов автотранспорта и рекреационных судов в зонах их совместного влияния содержит информационную базу уточненных удельных пробеговых выбросов автомобилей (с учетом типов автотранспортных средств, степени изношенности (по пробегу), распределения по экологическим классам), и новую информационную базу удельных выбросов МС и ОПТ.

Методика основана на уточненных данных о структуре автотранспортного потока и интенсивности движения автотранспортных средств и судов в Санкт-Петербурге.

⁶ Экологический портал Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга. URL: <https://www.infoeco.ru/index.php?id=982> (дата обращения: 01.09.2024)

Результаты апробации разработанной методики на примере опасного локального загрязнения воздуха в историческом центре Санкт-Петербурга в месте пересечения Московского пр. и р. Фонтанки показали, что в окрестности этого участка при сочетании неблагоприятных транспортных и метеорологических условий концентрации поллютантов могут достигать опасных значений: предельно допустимая максимально разовая концентрация диоксида азота может быть превышена в 1,89–7,22 раза, а монооксида углерода – в 1,40–3,49 раз. При этом доля выбросов судов в суммарных выбросах может составлять в зависимости от структуры транспортных потоков и интенсивности движения следующие значения: CO – 10,15–51,77 %; CH – 23,12–33,70 %; NO₂ – 5,40–19,36 %; NO – 5,40–19,36 %.

Высокие концентрации NO₂ и CO, превышающие ПДК, оказывают раздражающее действие и вызывают рефлекторные реакции у человека, способны взаимодействовать с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин и нитрогемоглобин, затрудняющих газообмен в клетках и приводящих к кислородному голоданию. Особенно опасно такое воздействие на здоровье людей с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы и дыхательных путей.

Результаты расчетов показали, что при сочетании неблагоприятных метеорологических и транспортных условий в историческом центре Санкт-Петербурга, характеризующегося плотной застройкой, концентрации поллютантов могут достигать значений выше 5 ПДК, что может повлечь ущерб здоровью людей и нарушение условий их жизнедеятельности.

Список источников

1. Estimating 2013–2019 NO₂ exposure with high spatiotemporal resolution in China using an ensemble model / C. Huang [et al.] // *Environ. Pollut.* 2022. Vol. 292 (Pt A). P. 118285. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118285.
2. A novel in-situ method to determine the respiratory tract deposition of carbonaceous particles reveals dangers of public commuting in highly polluted megacity / L. Madueño [et al.] // *Part. Fibre Toxicol.* 2022. Vol. 9 (1). P. 61. DOI: 10.1186/s12989-022-00501-x.
3. Spatial variability of on-bicycle black carbon concentrations in the megacity of Sao Paulo: A pilot study / A.C. Targino [et al.] // *Environ. Pollut.* 2018. Vol. 242 (Pt A). P. 539–543. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.003.
4. Ревич Б.А. Роль факторов риска городского пространства в пандемии Covid-19 (аналитический обзор). Анализ риска здоровью. 2024. № 2. С. 170–184. DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.16.
5. Ложкина О.В., Комашинский В.И. К вопросу о совершенствовании информационного процесса мониторинга и прогнозирования опасного воздействия транспортных выбросов на среду обитания и население // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России»*. 2021. № 2. С. 16–24.
6. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Бортовой мониторинг выбросов опасных (загрязняющих) веществ легковым и легким коммерческим автотранспортом // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2024. № 2 (70). С. 193–206. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-193-206.
7. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Определение содержания поллютантов в отработавших газах четырехтактных подвесных лодочных моторов в контексте разработки методов прогнозирования техногенных опасностей // *Безопасность жизнедеятельности*. 2023. № 12 (276). С. 35–41.
8. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Определение содержания поллютантов в отработавших газах судового двигателя ЯМЗ-238 ГМ2 // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2023. № 3 (67). С. 158–168. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-158-168.
9. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Сравнительный анализ пробеговых выбросов автомобилей на различных видах топлива при дорожных заторах // *Вестник гражданских инженеров*. 2024. № 2 (103). С. 133–143. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-2-133-143.

10. Ложкина О.В., Комашинский В.И. Информационный процесс мониторинга и прогнозирования эффективности от внедрения экологически ориентированных технологий на автомобильном транспорте // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-а ГПС МЧС России». 2021. № 4. С. 18–26.
11. Ложкина О.В., Мешалкина М.Н. Совершенствование методов контроля воздействия автотранспорта на качество среды обитания // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2022. № 1 (59). С. 13–18.
12. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Сравнительный анализ содержания поллютантов в отработавших газах силовых установок маломерных судов и автотранспортных средств // Двигателестроение. 2024. № 1 (295). С. 21–33.
13. Петербургский «генетический код». Век XVIII и век XXI / Р.А. Мангушев [и др.] // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 5 (76). С. 33–40. DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-5-33-40.
14. Лавров Л.П., Молоткова Е.Г., Петров Ф.В. Морфотипы кварталов исторического центра Санкт-Петербурга // ACADEMIA. Архитектура и строительство. 2019. № 4. С. 52–59. DOI: 10.22337/2077-9038-2019-4-52-59.
15. Федотова Г.О. Градостроительная система и объемно-планировочное решение зоны бывшей Троицкой улицы в Санкт-Петербурге // Архитектон: известия вузов. 2019. № 4 (68). С. 1–10.
16. Кузнецов С. Фасад Его Величеству. Строгановский дворец, дом компании «Зингер» и дворец Белосельских-Белозерских: Невский проспект как архитектурный ансамбль // Искусствознание. 2020. № 3. С. 304–363.
17. Иванов М.В., Андерсон П. Нарушение законодательства при сохранении архитектурного наследия Санкт-Петербурга // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2017. Т. 17. № 2. С. 5–12. DOI: 10.14529/build170201.
18. Сакович А.Д., Третьяков В.Ю. Динамика загрязнения атмосферного воздуха СО и NO_x в различных районах Санкт-Петербурга за период 2012–2016 гг. // Метеорологический вестник. 2018. Т. 10. № 1. С. 38–51.

References

1. Estimating 2013–2019 NO₂ exposure with high spatiotemporal resolution in China using an ensemble model / C. Huang [et al.] // Environ. Pollut. 2022. Vol. 292 (Pt A). P. 118285. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118285.
2. A novel in-situ method to determine the respiratory tract deposition of carbonaceous particles reveals dangers of public commuting in highly polluted megacity / L. Madueño [et al.] // Part. Fibre Toxicol. 2022. Vol. 9 (1). P. 61. DOI: 10.1186/s12989-022-00501-x.
3. Spatial variability of on-bicycle black carbon concentrations in the megacity of Sao Paulo: A pilot study / A.C. Targino [et al.] // Environ. Pollut. 2018. Vol. 242 (Pt A). P. 539–543. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.003.
4. Revich B.A. Rol' faktorov riska gorodskogo prostranstva v pandemii Covid-19 (analiticheskij obzor). Analiz riska zdorov'yu. 2024. № 2. S. 170–184. DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.16.
5. Lozhkina O.V., Komashinskij V.I. K voprosu o sovershenstvovanii informacionnogo processa monitoringa i prognozirovaniya opasnogo vozdejstviya transportnyh vybrosov na sredu obitaniya i naselenie // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-a GPS MCHS Rossii». 2021. № 2. S. 16–24.
6. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Bortovoj monitoring vybrosov opasnyh (zagryaznyayushchih) veshchestv legkovym i legkim kommercheskim avtotransportom // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2024. № 2 (70). S. 193–206. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-193-206.
7. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Opredelenie soderzhaniya pollyutantov v otrabotavshih gazah chetyrekhtaknyh podvesnyh lodochnyh motorov v kontekste razrabotki metodov

prognozirovaniya tekhnogennykh opasnostey // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2023. № 12 (276). S. 35–41.

8. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Opredelenie soderzhaniya pollyutantov v otrabotavshih gazah sudovogo dvigatelya YAMZ-238 GM2 // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2023. № 3 (67). S. 158–168. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-158-168.

9. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Sravnitel'nyy analiz probegovykh vybrosov avtomobilej na razlichnykh vidah topliva pri dorozhnykh zatorah // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2024. № 2 (103). S. 133–143. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-2-133-143.

10. Lozhkina O.V., Komashinskij V.I. Informacionnyy process monitoring i prognozirovaniya effektivnosti ot vnedreniya ekologicheskikh orientirovannykh tekhnologiy na avtomobil'nom transporte // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-a GPS MCHS Rossii». 2021. № 4. S. 18–26.

11. Lozhkina O.V., Meshalkina M.N. Sovershenstvovanie metodov kontrolya vozdejstviya avtotransporta na kachestvo sredy obitaniya // Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa. 2022. № 1 (59). S. 13–18.

12. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Sravnitel'nyy analiz soderzhaniya pollyutantov v otrabotavshih gazah silovykh ustanovok malomernykh sudov i avtotransportnykh sredstv // Dvigatelistroenie. 2024. № 1 (295). S. 21–33.

13. Peterburgskij «geneticheskij kod». Vek XVIII i vek XXI / R.A. Mangushev [i dr.] // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2019. № 5 (76). S. 33–40. DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-5-33-40.

14. Lavrov L.P., Molotkova E.G., Petrov F.V. Morfotipy kvartalov istoricheskogo centra Sankt-Peterburga // ACADEMIA. Arhitektura i stroitel'stvo. 2019. № 4. S. 52–59. DOI: 10.22337/2077-9038-2019-4-52-59.

15. Fedotova G.O. Gradostroitel'naya sistema i ob'emno-planirovochnoe reshenie zony byvshej Troickoj ulicy v Sankt-Peterburge // Arhitekton: izvestiya vuzov. 2019. № 4 (68). S. 1–10.

16. Kuznecov S. Fasad Ego Velichestvu. Stroganovskij dvorec, dom kompanii «Zinger» i dvorec Belosel'skikh-Belozerskikh: Nevskij prospekt kak arhitekturnyj ansambl' // Iskusstvoznanie. 2020. № 3. S. 304–363.

17. Ivanov M.V., Anderson P. Narushenie zakonodatel'stva pri sohranении arhitekturnogo naslediya Sankt-Peterburga // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. T. 17. № 2. S. 5–12. DOI: 10.14529/build170201.

18. Sakovich A.D., Tret'yakov V.Yu. Dinamika zagryazneniya atmosfernogo vozduha SO₂ i NO_x v razlichnykh rajonah Sankt-Peterburga za period 2012–2016 gg. // Meteorologicheskij vestnik. 2018. T. 10. № 1. S. 38–51.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 28.10.2024; одобрена после рецензирования: 02.12.2024; принята к публикации: 18.12.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 28.10.2024; approved after review: 02.12.2024; accepted for publication: 18.12.2024

Информация об авторе:

Мальчиков Константин Борисович, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: malchikov87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8173-6850>, SPIN-код: 1309-1859

Information about the author:

Malchikov Konstantin B., adjunct of the faculty of training highly qualified personnel of Saint-Petersburg university of the State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: malchikov87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8173-6850>, SPIN: 1309-1859