

---

---

# СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

---

---

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМ И ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ-ПОРТАХ СЕВАСТОПОЛЕ, ВЛАДИВОСТОКЕ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

**О.В. Ложкина, доктор технических наук,  
кандидат химических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.  
Я.А. Селиверстов, кандидат технических наук;  
С.А. Селиверстов, кандидат технических наук.  
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко  
Российской академии наук**

Анализируются экологические проблемы крупных городов-портов Севастополя, Владивостока, Санкт-Петербурга, обусловленные ростом промышленной, транспортно-транзитной и туристической деятельности. Приводятся результаты исследования опасного загрязнения воздуха городов-портов отработавшими газами двигателей автомобилей и судов в зонах их совместного воздействия в часы максимальной транспортной нагрузки при неблагоприятных метеорологических условиях.

*Ключевые слова:* экологическая безопасность, автомобильный и водный транспорт, мониторинг и прогнозирование, загрязнение воздуха

## FORECASTING AND MONITORING OF MOTOR AND WATER TRANSPORT RELATED AIR POLLUTION IN BIG PORT CITIES SEVASTOPOL, VLADIVOSTOK, SAINT-PETERSBURG

O.V. Lozhkina. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.  
Ya.A. Seliverstov; S.A. Seliverstov.  
Solomenko institute of transport problems of Russian academy of sciences

The present paper analyzes environment problems in big port cities Sevastopol, Vladivostok, St. Petersburg caused by growing industry, transportation, and touristic activities. The analysis of perspective forecasting and monitoring approaches of water transport safety in operation is executed. The paper also describes the results of numerical investigations of the air in big port cities by exhaust emissions of vehicles and vessels in the zone of their joint effect at rash hours at adverse weather conditions.

*Keywords:* environment safety, motor and water transport, monitoring and forecasting, air pollution

В последние годы наметилась устойчивая тенденция роста численности населения и роста туристической привлекательности крупнейших городов-портов Российской Федерации Севастополя, Владивостока, Санкт-Петербурга, сопровождающаяся активизацией всех видов транспортной деятельности, включая автомобильные перевозки и перевозки водным транспортом [1–3]. В то же время следует отметить, что темпам роста населения, его автомобилизации и мобильности не соответствуют улично-дорожные сети городов, что приводит к образованию дорожных заторов, а иногда и транспортных коллапсов [4–6]. Кроме того, общей особенностью больших городов-портов является то, что портовые предприятия располагаются непосредственно в их центральных районах, создавая дополнительную экологическую нагрузку [7, 8]. Все отмеченные обстоятельства свидетельствуют о возрастающем негативном воздействии транспортных систем на городскую среду.

### **Краткая характеристика городов-портов Севастополь**

Особенность г. Севастополя заключается в том, что он расположен вокруг довольно протяженной многокилометровой Севастопольской бухты, что и определило его развитие как города-порта, включающего универсальный незамерзающий морской торговый и рыбный порт. Здесь же расположена главная военно-морская база Черноморского флота Российской Федерации. Годовой грузооборот морского торгового порта временно снизился из-за санкций с 2,5 млн т в 2013 г. до 0,3 млн т в 2017 г.

По данным официальных статистических данных установлено, что автомобилизация населения в период 2014–2017 гг. выросла на 30 % и составила 340 единиц на 1 000 жителей. В то же время численность населения выросла на 11,2 % – с 393 304 человек в 2014 г. до 443 211 человек в 2018 г. Общая численность зарегистрированных автотранспортных средств по состоянию на 2017–2018 гг. насчитывала около 150 000 единиц.

### **Владивосток**

Владивосток – один из крупнейших незамерзающих портов России, административный и промышленный центр Приморского края. Владивостокский морской торговый порт расположен в бухте Золотой Рог, он является универсальным по характеру деятельности. Кроме морского торгового порта, здесь функционирует морской рыбный порт.

Для г. Владивостока, с трёх сторон омываемого морем, большой проблемой является стльное загрязнение окружающих его акваторий Амурского и Уссурийского заливов, пролива Босфор Восточный и, особенно, бухты Золотой Рог, которую в декабре 2013 г. представитель Росгидромета объявил самой грязной акваторией России.

Владивосток признан самым автомобилизированным городом нашей страны – в 2017 г. на 606 589 жителей приходилось 313 400 автотранспортных средств, что в условиях сложной орографии и сложных климатических условий создает колоссальную нагрузку на улично-дорожную сеть (УДС) города и экологические проблемы, в том числе практически постоянное превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) оксидов азота. В меньшей степени, но тоже весомую роль в загрязнении воздуха, играют выбросы объектов морского транспорта.

### **Санкт-Петербург**

Санкт-Петербург – водная столица России, расположен на берегу Финского залива. Общая протяжённость всех водотоков на территории Санкт-Петербурга достигает 282 км, а их водная поверхность составляет около 7 % всей площади города. Основная водная магистраль города – река Нева, которая впадает в Невскую губу Финского залива, относящегося к Балтийскому морю. В городе функционирует несколько речных и морских портов, расположенных в черте города. «Большой порт Санкт-Петербург» – крупнейший

морской порт на Северо-Западе России. Грузооборот морского торгового порта составляет более 50 млн т грузов в год. Навигация начинается в начале апреля, а заканчивается в конце ноября.

Численность населения по данным на июнь 2019 г. 5 384 000 чел. Численность автотранспортных средств неуклонно увеличивалась с 90-х гг. XX в. и, по данным за 2018 г., составила 1 972 333 единицы. В городе периодически имеет место высокое загрязнение воздуха оксидами азота и взвешенными частицами, обусловленное, главным образом, выбросами автотранспорта.

### **Описание объектов исследования**

В качестве объектов исследования были выбраны зоны совместного воздействия автомобильного и водного транспорта:

1. Зона совместного влияния автотранспортных потоков, двигающихся по ул. Ленина и ул. Нахимова и катеров в районе причала Графская пристань (Бухта Севастополь, г. Севастополь), рис. 1.



**Рис. 1. Бухта Севастополь, г. Севастополь**

Наравне с г. Владивостоком и Санкт-Петербургом, в г. Севастополе водное сообщение между районами является частью городской инфраструктуры общественного транспорта. Из центра города отправляются три регулярные линии: Графская пристань – Северная, Графская пристань – Инкерман, Графская пристань – Голландия. Самая оживленная линия – Графская пристань – Северная, рейсы на ней выполняются каждые 15 мин. Три катера ежедневно перевозят 10–11 тыс. человек, а в летний сезон число пассажиров доходит до 25 тыс. Маршрутом Артбухта – Радиогорка пользуются 3,5 тыс. человек в день, а рейсами в бухту Голландия и Инкерман – около 500. Общий годовой пассажирооборот составляет около 7,5 млн человек, что в 1,5 раза больше, чем на Керченской паромной переправе.

2. Зона совместного влияния автотранспортных потоков, двигающихся по Золотому мосту, и судов в акватории бухты Золотой Рог, г. Владивосток, рис. 2.

Золотой мост – вантовый мост через бухту Золотой Рог в г. Владивостоке, соединяющий центр с мысом Чуркин и далее – со спальными районами города, был введен в эксплуатацию в 2012 г. Предназначен исключительно для движения автотранспорта (шесть полос движения), его длина – 1 388 м. Золотой мост позволил немного разгрузить УДС столицы Приморского края.



**Рис. 2. Бухта Золотой Рог и Золотой мост, г. Владивосток**

3. Зона совместного влияния автотранспортных потоков,двигающихся по Большому Обуховскому мосту, и грузопассажирского речного порта в микрорайоне «Уткина заводь», Санкт-Петербург, рис. 3.



**Рис. 3. Большой Обуховский мост и грузопассажирский речной порт, Санкт-Петербург**

Одним из неблагоприятных микрорайонов Санкт-Петербурга, где проявляется совместное загрязнение атмосферного воздуха автотранспортом и водным транспортом, являются кварталы в окрестности Большого Обуховского моста. По мосту проходит самая оживленная автомагистраль города – КАД Санкт-Петербурга, а вблизи располагаются Невский грузовой район и пассажирский терминал речного порта.

4. Зона совместного влияния круизных судов Пассажирского порта Санкт-Петербурга «Морской фасад» и автотранспортных потоков,двигающихся по Западному скоростному диаметру (ЗСД), Санкт-Петербург.

#### **Натурное обследование автотранспортных потоков**

Результаты выполненных натурных обследований интенсивности движения автотранспорта приведены в таблице.

Таблица. Результаты обследования интенсивности автотранспортного потока

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
Графская пристань – ул. Ленина – ул. Нахимова (г. Севастополь)									
ул. Ленина									
18.07.2018	16:30–16:50	396	38	–	–	30	45	–	35
19.07.2018	16:30–16:50	432	43	–	–	28	45	–	35
21.07.2018	16:30–16:50	418	45	–	–	30	45	–	35
ул. Нахимова									
18.07.2018	16:30–16:50	350	40	–	–	32	45	–	35
19.07.2018	16:30–16:50	374	42	–	–	26	45	–	35
21.07.2018	16:30–16:50	387	36	–	–	34	45	–	35
Золотой мост (Бухта Золотой Рог, г. Владивосток)									
20.03.2017	8:00–8:20	1828	28	9	8	13	60	50	50
21.03.2017	8:00–8:20	1762	26	13	4	7	60	50	50
22.03.2017	8:00–8:20	1818	18	15	7	12	60	50	50
23.03.2017	8:00–8:20	1834	21	6	7	13	60	50	50
24.03.2017	8:00–8:20	1743	37	21	7	17	60	50	50
Большой Обуховский мост, КАД (речной порт, Санкт-Петербург)									
16.05.2019	17:45–18:05	3122	184	58	211	13	90	80	80
18.05.2019	17:45–18:05	3213	192	64	185	14	90	80	80
24.05.2019	17:45–18:05	3102	239	68	176	13	90	80	80
25.05.2019	17:45–18:05	3305	242	67	199	9	90	80	80
28.05.2019	17:45–18:05	3040	215	59	212	8	90	80	80
ЗСД (Пассажирский морской порт «Морской фасад Санкт-Петербурга», Санкт-Петербург)									
02.04.2018	19:00–19:20	1008	13	14	20	1	100	90	90
04.04.2018	19:00–19:20	1214	20	16	26	2	100	90	90
06.04.2018	19:00–19:20	1143	17	13	19	2	100	90	90

Результаты обследования транспортных потоков свидетельствуют о высокой (ул. Нахимова и ул. Ленина г. Севастополь, Золотой мост г. Владивосток, ЗСД Санкт-Петербург) и экстремально высокой загруженности (КАД Санкт-Петербург) транзитных автодорог в городах-портах.

### Расчетное прогнозирование локального загрязнения воздуха в зонах совместного влияния автомобильного и водного транспорта

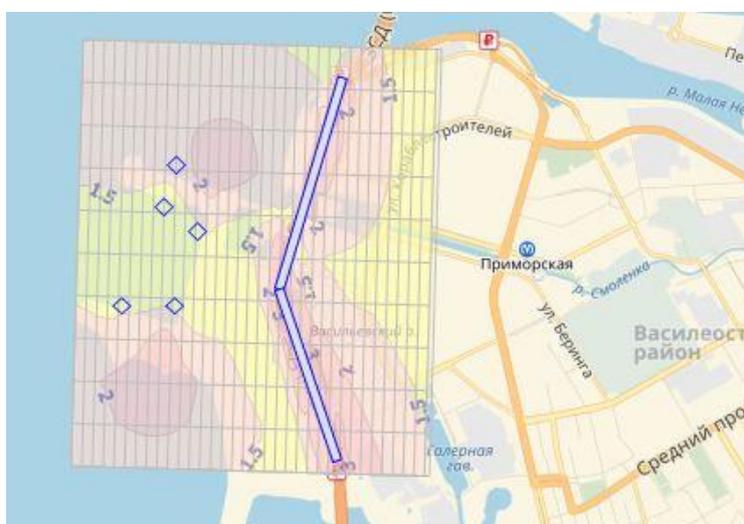
Расчетное исследование уровня загрязнения воздуха в прибрежных микрорайонах г. Севастополя, г. Владивостока и Санкт-Петербурга в зонах совместного влияния водного и автомобильного транспорта проводилось с использованием программного обеспечения «Эколог» (НПФ «Интеграл», Санкт-Петербург), в которое были внесены новые факторы эмиссии поллютантов для автотранспортных средств и судов, установленные в ходе исследования.

Локальное воздействие судов на качество атмосферного воздуха отличается от воздействия автотранспортных потоков тем, что их энергетические установки не только обеспечивают движение, но и поддерживают все системы жизнеобеспечения как во время движения судов, так и во время стоянки. К специфическим особенностям следует также отнести отсутствие подфакельной чистой зоны, присущей организованным выбросам в атмосферу.

Расчетное исследование, проведенное для условий неблагоприятной стратификации атмосферы и высокой транспортной нагрузки, показало, что наиболее проблемным является загрязнение воздуха оксидами азота, в том числе диоксидом азота, которое в периоды высокой инсоляции может достигать 1,5–2,5 ПДК в микрорайоне Графская пристань г. Севастополь, 2,5–4,5 ПДК в окрестностях Золотого моста г. Владивосток, 2,5–4,5 в микрорайоне Морской фасад Санкт-Петербурга, более 10 ПДК в придорожном воздухе непосредственно на КАД, до 4 ПДК в прилегающих окрестностях Большого Обуховского моста Санкт-Петербурга.

Ожидаемые значения концентрации взвешенных частиц – до 1,5 ПДК в зонах исследования в г. Севастополе, г. Владивостоке, микрорайоне Морской фасад Санкт-Петербурга и до 5 ПДК – в окрестности Большого Обуховского моста. Расчетные концентрации CO, SO<sub>2</sub>, формальдегида, бензо(а)пирена, углеводородов не превышали соответствующие ПДК.

В качестве примера на рис. 4 визуализированы результаты расчетного исследования загрязнения воздуха в микрорайоне Морской фасад Санкт-Петербурга оксидами азота (в пересчете на диоксид азота), выделяющимися с отработавшими газами автомобилей, движущихся по ЗСД и круизными судами в период максимальной транспортной нагрузки.



**Рис. 4. Карта загрязнения воздуха в микрорайоне «Морской фасад» Санкт-Петербурга автомобильным транспортом и круизными судами при неблагоприятных транспортных и метеорологических условиях**

Благодаря своему уникальному географическому положению, экономической и культурно-исторической значимости, большие города-порты, такие как Севастополь, Владивосток, Санкт-Петербург представляют собой крупные торговые, промышленные и туристические центры нашей страны, что исторически предопределило формирование в этих городах мощной транспортной инфраструктуры, особенно автомобильного и водного транспорта.

Очевидно, что выросшей в последние годы мобильности граждан и спросу на транспортные услуги не могут в полной мере соответствовать имеющиеся элементы транспортных систем и техническое состояние транспортных средств, что в условиях роста транспортной деятельности приводит к их серьезному негативному влиянию на среду обитания, сверхнормативному загрязнению воздуха, ухудшению качества жизни горожан.

Результатами проведенных экспериментально-расчетных исследований предполагается обратить внимание общественности, представителей государственной власти, законодателей, ученых на проблемы локального опасно высокого загрязнения воздушной среды в городах-портах в зонах совместного воздействия автомобилей и судов

при периодически повторяющихся неблагоприятных метеоусловиях и высокой транспортной нагрузке.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательского проекта «Исследование социально-экономических и экологических процессов города Севастополя с ростом индустриального, транспортно-транзитного и туристического потенциалов», проводимого совместно с Правительством г. Севастополя при поддержке гранта РФФИ (№ проекта 18-410-920016 р\_а, 2018–2019 гг.).

### **Литература**

1. Lozhkina O., Lozhkin V., Ntziachristos I. Estimation and prediction of the effect of alternative engine technologies and policy measures on the air quality in Saint-Petersburg in 2010–2030 // *Architecture and Engineering*. 2018. V. 3. № 4. P. 31–35.

2. Исследование транспортной системы и процессов транспортной мобильности города Севастополя / С.А. Селиверстов [и др.] // *Вестник транспорта Поволжья*. 2018. № 6 (72). С. 78–88.

3. Формирование инновационно-логистического механизма стратегии развития конкурентоспособности предприятий курортно-рекреационной сферы г. Севастополя и Крымского региона / Е.Ю. Лукьянова [и др.] // *Вестник евразийской науки*. 2019. Т. 11. № 1. С. 25.

4. Лукьянова Е.Ю., Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Научно-прикладные проблемы повышения конкурентоспособности туристских предприятий республики Крым и города Севастополя и возможные инновационно-ориентированные пути их решения // *Вестник Национальной академии туризма*. 2018. № 4 (48). С. 51–55.

5. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Артемьев И.А. Экспериментально-численные исследования загрязнения воздуха круизными судами и автотранспортом в районе пассажирского порта «Морской фасад Санкт-Петербурга» // *Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН*. 2018. С. 111–115.

6. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Прогнозирование загрязнения воздуха отработавшими газами двигателей судов и автотранспорта // *Транспорт Российской Федерации*. 2017. № 1 (68). С. 59–62.

7. Иванченко А.А. Снижение чрезвычайного воздействия водного транспорта на атмосферу городской среды // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2018. № 2 (46). С. 90–293.

8. Иванченко А.А. Прогнозирование и мониторинг безопасности водного транспорта в эксплуатации // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России»*. 2018. № 2. С. 57–60.

### **References**

1. Lozhkina O., Lozhkin V., Ntziachristos I. Estimation and prediction of the effect of alternative engine technologies and policy measures on the air quality in Saint-Petersburg in 2010–2030 // *Architecture and Engineering*. 2018. V. 3. № 4. P. 31–35.

2. Issledovanie transportnoj sistemy i processov transportnoj mobil'nosti goroda Sevastopolya / S.A. Seliverstov [i dr.] // *Vestnik transporta Povolzh'ya*. 2018. № 6 (72). S. 78–88.

3. Formirovanie innovacionno-logisticheskogo mekhanizma strategii razvitiya konkurentosposobnosti predpriyatij kurortno-rekreacionnoj sfery g. Sevastopolya i Krymskogo regiona / E.Yu. Luk'yanova [i dr.] // *Vestnik evrazijskoj nauki*. 2019. T. 11. № 1. S. 25.

4. Luk'yanova E.Yu., Seliverstov S.A., Celiverstov Ya.A. Nauchno-prikladnye problemy povysheniya konkurentosposobnosti turistskih predpriyatij respubliky Krym i goroda Sevastopolya i vozmozhnye innovacionno-orientirovannye puti ih resheniya // *Vestnik Nacional'noj akademii turizma*. 2018. № 4 (48). S. 51–55.

5. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N., Artem'ev I.A. Eksperimental'no-chislennye issledovaniya zagryazneniya vozduha kruiznymi sudami i avtotransportom v rajone passazhirskogo porta «Morskoj fasad Sankt-Peterburga» // Tekhnologii postroeniya kognitivnyh transportnyh sistem: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. SPb.: FGBUN Institut problem transporta im. N.S. Solomenko RAN. 2018. S. 111–115.

6. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Prognozirovanie zagryazneniya vozduha otrabotavshimi gazami dvigatelej sudov i avtotransporta // Transport Rossijskoj Federacii. 2017. № 1 (68). S. 59–62.

7. Ivanchenko A.A. Snizhenie chrezvychajnogo vozdejstviya vodnogo transporta na atmosferu gorodskoj sredy // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 2 (46). С. 90–293.

8. Ivanchenko A.A. Prognozirovanie i monitoring bezopasnosti vodnogo transporta v ekspluatácii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 2. S. 57–60.