

Научное программное обеспечение в образовании и науке

УДК 004.02+629.1+574.4

Ложкин В.Н., Ложкина О.В.

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС РФ,
г. Санкт-Петербург, Россия

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГНОЗА ЧРЕЗВЫЧАЙНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ СУДОВ И АВТОТРАНСПОРТА

Аннотация

Информационная технология численного мониторинга качества воздушной среды основана на решении дифференциального уравнения атмосферной диффузии с использованием данных измерений концентраций опасных веществ, интенсивности и структуры транспортных потоков. Приводятся результаты прогноза чрезвычайного загрязнения воздуха газообразными и взвешенными частицами ПМ₁₀, ПМ_{2,5} в акватории Обуховского моста Санкт-Петербурга судами и автомобилями при неблагоприятных метеорологических и транспортных условиях. Загрязнения по NO_x могут составлять до 14 ПДК_{МР}, по канцерогенным частицам до 1,8 ПДК_{МР}, по SO₂ до 1,2 ПДК_{МР}. Информационную технологию рекомендуется использовать при контроле качества воздушной среды городов.

Ключевые слова

Модель атмосферной диффузии; автомобильный транспорт; речные суда; выхлопные газы; информационная технология; прогноз загрязнения воздушной среды.

Lozhkin V.N., Lozhkina O.V.

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

INFORMATION TECHNOLOGY OF FORECASTING THE EXTREME AIR POLLUTION WITH EXHAUST GASES OF SHIPS AND VEHICLE

Abstract

Information technology of air quality monitoring is based on the solution of a differential equation of atmospheric diffusion, measurements of concentrations of pollutants, the intensity and structure of traffic streams. We give the results of the forecast of extreme air pollution with exhaust gases and particles ПМ₁₀, ПМ_{2,5} in the area of the Obukhovskiy bridge in St. Petersburg. Under unfavorable weather and transport conditions, the NO_x concentration can be 14 times higher than the threshold level value; oncogenic particles – 1,8 times; SO₂ – 1,2 times. Information technology is recommended to be used for the control of the quality of the urban air environment.

Keywords

Model of atmospheric diffusion; automobile transport; river vessels; exhaust gases; information technology; forecast of air pollution.

Введение. Актуальность проблемы

В обеспечении безопасности развития регионов и городов России [1] особое внимание уделяется профилактике опасного для населения загрязнения воздушной среды вредными выбросами промышленности и транспорта при

неблагоприятных метеорологических условиях. В климатологии и метеорологии к неблагоприятным относят такие погодные условия, при которых затрудняется рассеивание загрязняющих газообразных веществ в атмосфере при слабом ветре (штиль) и температурных

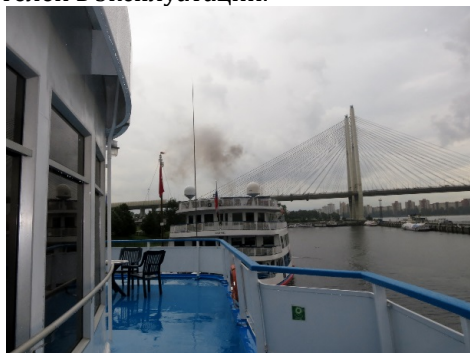
инверсиях [2, 3]. Ранее выполненными наблюдениями ГГО им. А.И. Воейкова и НИИ «Атмосферного воздуха» [4] было установлено, что частота закономерных повторяемых в течение года неблагоприятных для рассеивания загрязняющих веществ метеорологических условий в Санкт-Петербурге имеет тенденцию роста. Ученые связывают учащение возникновения аномальных состояний атмосферы с общими изменениями климата на нашей планете в результате активной антропогенной деятельности человечества.

СПб университет ГПС МЧС России [5, 6] совместно с НИИ «Атмосферного воздуха» и ГГО им. А.И. Воейкова [7, 8], ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» [9] и Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга проводят регулярные экспериментально-расчетные исследования по прогнозированию экстремального загрязнения атмосферного воздуха на границах установленных санитарно-защитных зон в окрестностях городских автомагистралей, морских и речных портов, в окрестностях проводки фарватеров судовых потоков.

Одной из таких потенциально критических зон вероятно ожидать акваторию Большого Обуховского моста, по которому проходит самая оживленная автомагистраль города – КАД Санкт-Петербурга, - и вблизи которого расположены Невский грузовой причал и пассажирский терминал речного порта (рис. 1). При неблагоприятных метеорологических условиях, совпадающих с часами «пик» транспортного движения, в окрестности вантового перехода через реку Нева вероятно ожидать сверх нормативное загрязнение пограничной атмосферно-водной акватории на уровне дыхания человека опасными для здоровья химическими веществами (частицы PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 , SO_2 , бензо(α)пирен, формальдегид и другие [10, 11, 12]) отработавших газов двигателей автомобильного и речного транспорта.

В настоящей работе, на примере акватории вантового перехода Невы КАД Санкт-Петербурга, анализируются результаты экспериментально-расчетного прогнозирования вероятного загрязнения воздуха на уровне дыхания человека опасными для здоровья химическими веществами (частицы PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 , SO_2 , бензопирен и др.) отработавших газов двигателей автомобильного и речного транспорта. При этом мы анализируем закономерные повторяемые экстремальные, по сути чрезвычайные, ситуации, обусловленные неблагоприятными метеорологическими факторами, интенсивным автотранспортным движением в «часы пик», реально несовершенным техническим состоянием транспортных

двигателей в эксплуатации.



а)



б)

Рис. 1. Загрязнение воздуха речными судами и автотранспортом в акватории Большого Обуховского моста Санкт-Петербурга, август 2016 г.

Методология, объекты исследования и расчетные сценарии

Методология исследования нами разработана в рамках химических транспортных моделей, представляющих сегодня один из наиболее бурно развивающихся разделов современной метеорологии, физики и химии атмосферы. Не лишне отметить, что достигнутый в Мировом прогрессе в моделировании процессов переноса и физико-химической трансформации атмосферных примесей [10] обусловлен, прежде всего, интенсивным развитием таких наук, как физика и химия атмосферы, прогрессом вычислительной математики, бурным ростом производительности и мощности современных вычислительных платформ, а также успехами в создании и внедрении мезомасштабных, региональных и глобальных моделей численного прогнозирования чрезвычайных ситуаций антропогенной природы [11, 12].

В основу модели положено численное решение системы уравнений атмосферной диффузии, каждое из которых записывается для концентрации одной из анализируемых опасных примесей. Для сокращения и упрощения формул приводимое ниже уравнение (1) выписано только для концентрации одной из примесей. Для упрощения уравнения записываются в декартовой системе координат с осью z , направленной по

вертикали, и компоненты скорости ветра удовлетворяют уравнению неразрывности, в котором пренебрегается зависимостью плотности от координат. Эти, а также ряд других, не оговариваемых отдельно в настоящей статье, упрощений [7, 8, 13, 14] относятся только к способу представления информации, поскольку в использованной нами математической модели не все из них реализованы.

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 (u_i + w_g k_{ji}) \frac{\partial q}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} K_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - \alpha q + S, \quad (1)$$

где q – концентрация; u_i и K_i – компоненты средней скорости ветра и коэффициента турбулентной диффузии вдоль декартовых координатных осей x_i ; w_g – скорость гравитационного оседания примеси (отлична от нуля в случае переноса частиц); k_{ji} – символ Кронекера, равный 1 при совпадении индексов и нулю при их несовпадении; α – коэффициент, учитывающий метаболизм веществ; S – член, учитывающий влияние источников и стоков примесей, их химическую (в том числе, фотохимическую) трансформацию и другое [7, 8, 13, 14].

Использование данного подхода математического моделирования турбулентной диффузии, который сегодня называют К-теорией [2, 4], совместно с обоснованными упрощениями [15] стилизации и эмпирическими уточнениями позволяет оценить значения наибольшей суммарной концентрации вредной примеси (2) из состава отработавших газов C_m (мг/м³), которые устанавливаются на расстояниях (X_m) от транспортных источников загрязнения воздушной среды в исследуемой акватории вантового моста.

$$C_m = \frac{AMF m'}{H^{7/3}}, \quad (2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (г/с), в случае транспортного потока – масса вещества, выбрасываемого группой судов или автомобилей, образующих потоки; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость гравитационного оседания твердых и смолистых частиц ПМ₁₀, ПМ_{2,5} (сажи, пыли и другого аэрозоля) в атмосферном воздухе на водную поверхность, при расчете рассеивания в атмосфере частиц при работе двигателей передвижных транспортных средств рекомендуется принимать значения параметра $F = 1$; m' – безразмерный коэффициент, равный 0,9; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной водной или слабопересеченной местности береговой полосы с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$; H – высота дымовых труб судов (фальш-труб) или автомагистралей, как неорганизованных источников выбросов отработавших газов, над

уровнем воды или береговой полосы земли, м.

Таким образом, транспортные потоки судов и автомобилей произвольных геометрической конфигурации и распределения по интенсивности движения могут быть представлены (стилизованы) в виде совокупности точечных (отдельное судно или автомобиль), площадных (порт, морской или речной вокзал, причал и т. п.), линейных (судовой поток, автомагистраль) источников выбросов отработавших газов двигателей.

Реализация численных исследований загрязнения воздуха осуществлялась с применением «Методики для определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» (Санкт-Петербург, АО «НИИ «Атмосфера», 2010), разработанной с нашим участием и актуализированной нами в рамках поставленной в статье научной задачи, впервые, - в 2016 г. [13-14], а также «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86». Расчеты были произведены с помощью программного обеспечения «Магистраль» и «Эколог» НПФ «Интеграл».

В качестве исходных условий для моделирования рассматривалось два сценария, учитывающих реальное движение судов в акватории Большого Обуховского моста и интенсивность движения автотранспорта на Большом Обуховском мосту. По первому сценарию на причале пассажирского порта в Уткиной заводи одновременно на стоянке находились три теплохода 588, 92-016 и 301 проекта, соответственно, при работе вспомогательных двигателей и котлов. По второму сценарию эти же теплоходы готовились к отправке в рейс с работающими вспомогательными и основными двигателями, а по реке Неве двигался теплоход «Метеор», оснащенный дизельным двигателем типа 342Э.

Удельные выбросы дизельных судовых установок, приведенные в работе [9], были переведены из единиц измерения «г/кВтч» в единицы измерения «г/с» по формуле, предложенной в ГОСТ Р 56163-2014. Они представлены в таблице 1.

Характерной особенностью современного российского речного флота, в отличие от автомобильного транспорта, является значительный возраст эксплуатируемых судов. Трехпалубные пассажирские теплоходы 588 проекта выпускались с 1951 по 1961 гг.; четырехпалубные теплоходы 301 проекта, – с 1974 по 1983 гг.; 92-016 проекта, - с 1976 по 1983 гг., 302 проекта, – с 1984 по 1992 гг.; теплоходы типа «Метеор» проекта 342Э, – с 1961 по 1991 гг. В связи с чем, значения показателей дымности и

токсичности отработавших газов традиционных дизельных силовых установок (таблица 2), значительно уступают показателям современных зарубежных аналогов МАН, Мерседес, которыми

сегодня начинают оснащаться названные суда в связи с вступлением в силу экологических требований ИМО (Tier-3).

Таблица 1. Удельные выбросы судовых дизельных двигателей

Проект судна	Тип двигателя	Мощность двигателя	Дымность ОГ, %	Удельные выбросы Ре/Ре _н , г/с							
				Режим работы Ре/Ре _н , %							
				25%		50%		75%		100%	
				NO _x	CO	NO _x	CO	NO _x	CO	NO _x	CO
588	6NVD48	294 кВт	6,0-18,0	11,11	2,61	2,07	0,46	1,27	0,22	-	-
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
342Э	12ЧНС18/20	992 кВт	20-30	6,92	0,80	6,59	0,41	5,51	0,88	4,57	1,40

Таблица 2. Показатели удельных выбросов автомобилей

Категория АТС	Удельные выбросы, г/с				
	CO	NO _x	CH	Сажа	SO ₂
Легковые	0,10	0,025	0,022	5,2·10 ⁻⁶	4,2·10 ⁻⁴
ЛКТ < 3,5 т	0,23	0,058	0,067	2,8·10 ⁻⁵	7,8·10 ⁻⁴
Грузовые от 3,5 до 12 т	0,19	0,19	0,14	3,0·10 ⁻⁴	1,4·10 ⁻³
Грузовые > 12 т	0,20	0,24	0,18	3,9·10 ⁻⁴	2,0·10 ⁻³
Автобусы > 3,5	0,14	0,17	0,13	2,2·10 ⁻⁴	1,2·10 ⁻³

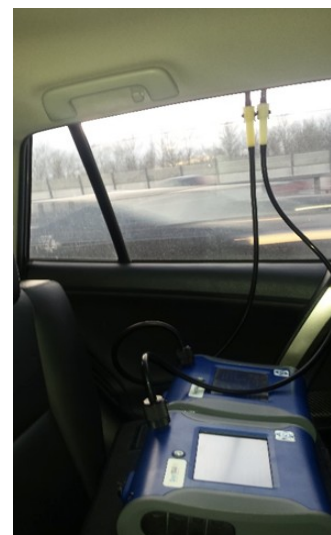
Интенсивность движения автотранспорта (авт./ч) на участке КАД, проходящего по вантовому мосту в часы «пик», составляет в среднем 7900 легковых автомобилей, 1600 единиц легкого коммерческого транспорта, 330 грузовых автомобилей массой от 3,5 до 12 т, 1850 грузовых автомобилей > 12 т; скорость движения варьируется в диапазоне 70-110 км/ч.

Для уточнения значений удельных показателей выбросов вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух на участке КАД вантового перехода, нами были произведены непосредственные измерения концентраций газообразных веществ в отработавших газах транспортных средств и взвешенных частиц в воздухе автомагистрали при движении вместе с транспортным потоком (рисунок 2).

Результаты и обсуждение

На рисунке 3, в качестве примера, представлена карта загрязнения воздуха диоксидом азота (NO₂) речными судами и автотранспортом вблизи Большого Обуховского моста при реализации 1-ого расчетного сценария.

Как видно из рисунка 3, при реализации 1-ого сценария энергетические установки судов могут создавать устойчивое воздействие на качество атмосферного воздуха в районе порта в течение стоянки. Загрязнения по NO_x, при этом, могут составлять до 7 ПДК_{МР}, по канцерогенным частицам сажи до 1,5 ПДК_{МР}, по СН – 0,5 ПДК_{МР}.



а)



б)

Рис. 2. Процесс измерений на КАД Санкт-Петербурга в окрестности вантового моста через реку Нева (август 2016 г.): а) концентраций в воздухе автомагистрали частиц PM₁₀, PM₄, PM_{2.5} и PM₁, одновременно, двумя приборами DUSTTRAK 8530; б) концентраций в отработавших газах O₂, CO, NO, NO₂, CO₂ многофункциональным газоанализатором Testo 300 (регистрационный модуль размещался в салоне, а пробоотборный зонд, – в выхлопной трубе транспортного средства

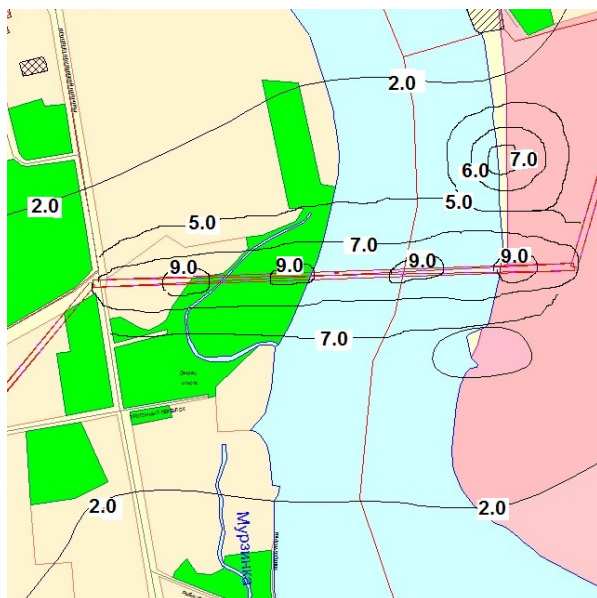


Рис. 3. Карта загрязнения воздуха NO_2 (в долях ПДК_{МР}) судами и автомобилями в окрестности Большого Обуховского моста в Санкт-Петербурге при реализации 1-ого расчетного сценария

При реализации второго сценария энергетические установки судов при неблагоприятных метеорологических условиях могут создавать также устойчивое воздействие на прилегающую водную акваторию в течение отправки в рейс судов с рейда. При этом, как показывают результаты расчета следует ожидать значительно более опасного для горожан загрязнения воздушной среды токсичными веществами. Загрязнения по NO_x могут составлять до 14 ПДК, по канцерогенным частицам сажи – до

1,8 ПДК_{МР}, по SO_2 – до 1,2 ПДК_{МР}, по CH – 0,7 ПДК_{МР}, по CO – 0,5 ПДК_{МР}.

Выводы

Целью настоящего исследования является желание его авторов обратить внимание законодателей, ученых, заинтересованных организаций и общественности на необходимость контроля силами и средствами Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий закономерно-повторяемых, по сути, чрезвычайных ситуаций вероятного сверхнормативного локального загрязнения пограничной атмосферно-водной акватории на уровне дыхания человека, обусловленного одновременным комплексным воздействием отработавших газов судовых и автомобильных двигателей.

Это стало возможным благодаря разработке авторами оригинальной информационной технологии численного мониторинга качества воздушной среды, основанной на решении дифференциального уравнения атмосферной диффузии с использованием данных непосредственных измерений концентраций опасных для здоровья химических веществ, содержащихся в отработавших газах судовых и автомобильных двигателей, интенсивности и структуры транспортных потоков.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (гранты №14-01-00660 и №14-01-00733).

Литература

1. Пучков В.А. О долгосрочных перспективах развития системы МЧС России (МЧС-2030) / Доклад на заседании экспертного совета МЧС России 30.10.2012 г. [Электронный ресурс]: <http://www.region-60.ru/novosti/zhizn/6556029/>.
2. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы, Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448с.
3. Berkowicz R 2000 OSPM – a parameterized street pollution model Environmental Monitoring and Assessment 65 (2) 323-331.
4. Берлянд М.Е., Генрихович Е.Л., Оникул Р.И. Моделирование загрязнения атмосферы выбросами из низких и холодных источников. – Метеорология и гидрология. – 1990. – № 5. – С. 5-16.
5. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V., Ushakov A.A. Using K-Theory in Geographic Information Investigations of Critical-Level Pollution of Atmosphere in the Vicinity of Motor Roads// World Applied Sciences Journal (Problems of Architecture and Construction). 2013. – V. 23. – pp. 1818-4952.
6. Сухоиванов А.Ю. Моделирование процессов переноса в атмосфере и воздействия на окружающую среду вредных продуктов горения, образующихся при пожаре: Диссертация на соискание ученой степени к-та техн. наук. – СПб, 2001.
7. Genikhovich E L, Gracheva I G, Onikul R I, Filatova E N 2002. Air pollution modeling at urban scale - Russian experience and problems. *Water, Air & Soil Pollution: Focus* 2 (5-6) 501-512.
8. Genikhovich E L, Sciermeier F A 1995. Comparison of the United States and Russian complex terrain diffusion models developed for regulatory applications. *Atmos. Environ.* 29 (17) 2375-2385.
9. Иванченко А.А. Комплексное снижение вредных выбросов дизельными установками речных судов: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – СПб, 1998.
10. Sofiev M., Genikhovich E., Keronen P., Vesala T. (2010). Diagnosing the surface layer parameters for dispersion models within the meteorological-to-dispersion modeling interface // *J. Appl. Meteor. Climatol.* v. 49. Iss. 2. p. 221–233. Doi: 10.1175/2009JAMC2210.
11. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models / Journal Contents lists available at Science Direct «Transportation Research Part D», № 36, 2015. – p. 178-189, journal homepage: www.elsevier.com/locate/t.
12. Lozhkina O., Lozhkin V., Nevmerzhitsky N., Tarkhov D., Vasilyev A. Motor transport related harmful $PM_{2.5}$ and PM_{10} : from on-road measurements to the modelling of air pollution by neural network approach on street and urban level // *Journal of Physics: Conference Series* 772 (2016) 012031 / Symposium: Metrology Across the Sciences: Wishful Thinking? 3–5 August 2016, Berkeley, USA, S. 1-7.
13. Lozhkina O., Nevmerzhitsky N., Lozhkin V 2016 Evaluation of air pollution by PM_{10} and $PM_{2.5}$ on St. Petersburg ring road: mobile measurements and source apportionment modelling *Proc. 10th Int. Conf. on Air Quality: Science and Application (Milano 14-18*

- March 2016) Ed S Finardi, A Farrow et al (Hertfordshire: University of Hertfordshire) p 176.
- Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of nitrogen oxides emissions from petrol and diesel passenger cars by means of on-board monitoring: effect of vehicle speed, vehicle technology, engine type on emission rates // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2016. – V. 47. – p. 251-264.
 - Общесоюзный нормативный документ «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий». – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93с.

References

- Puchkov V.A. O dolgosrochnykh perspektivakh razvitiya sistemy MChS Rossii (MChS-2030)/ *Doklad na zasedanii ekspertnogo soveta MChS Rossii* 30.10.2012 g. [Elektronnyy resurs]: <http://www.region-60.ru/novosti/zhizn/6556029/>.
- Berlyand M.E. *Sovremennye problemy atmosferno diffuzii i zagryazneniya atmosfery*, L.: Gidrometeoizdat, 1975. – 448s.
- Berkowicz R 2000 OSPM – a parameterized street pollution model *Environmental Monitoring and Assessment* 65 (2) 323-331.
- Berlyand M.E., Genikhovich E.L., Onikul R.I. Modelirovanie zagryazneniya atmosfery vybrosami iz nizkikh i kholodnykh istochnikov. – *Meteorologiya i gidrologiya*. – 1990. – № 5. – S. 5-16.
- Lozhkin V.N., Lozhkina O.V., Ushakov A.A. Using K-Theory in Geographic Information Investigations of Critical-Level Pollution of Atmosphere in the Vicinity of Motor Roads// *World Applied Sciences Journal (Problems of Architecture and Construction)*. 2013. – V. 23. – pp. 1818-4952.
- Sukhoivanov A.Yu. Modelirovanie protsessov perenosa v atmosfere i vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu vrednykh produktov goreniya, obrazuyushchikhsya pri pozhare: *Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni k-ta tekhn. nauk*. – SPb, 2001.
- Genikhovich E L, Gracheva I G, Onikul R I, Filatova E N 2002. Air pollution modeling at urban scale - Russian experience and problems. *Water, Air & Soil Pollution: Focus* 2 (5-6) 501-512.
- Genikhovich E L, Sciermeier F A 1995. Comparison of the United States and Russian complex terrain diffusion models developed for regulatory applications. *Atmos. Environ.* 29 (17) 2375-2385.
- Ivanchenko A.A. Comprehensive reduction of harmful emissions from diesel power plants of river vessels: *Dissertation for the degree of doctor of technical Sciences*. SPb, 1998.
- Sofiev M., Genikhovich E., Keronen P., Vesala T. (2010). Diagnosing the surface layer parameters for dispersion models within the meteorological-to-dispersion modeling interface // *J. Appl. Meteor. Climatol.* v. 49. Iss. 2. p. 221–233. Doi: 10.1175/2009JAMC2210.
- Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models / *Journal Contents lists available at Science Direct «Transportation Research Part D»*, № 36, 2015. – p. 178-189, journal homepage: www.elsevier.com/locate/t.
- Lozhkina O., Lozhkin V., Nevmerzhitsky N., Tarkhov D., Vasilyev A. Motor transport related harmful PM_{2.5} and PM₁₀: from on-road measurements to the modelling of air pollution by neural network approach on street and urban level // *Journal of Physics: Conference Series* 772 (2016) 012031 / *Symposium: Metrology Across the Sciences: Wishful Thinking? 3–5 August 2016, Berkeley, USA*, S. 1-7.
- Lozhkina O, Nevmerzhitsky N, Lozhkin V 2016 Evaluation of air pollution by PM10 and PM2.5 on St. Petersburg ring road: mobile measurements and source apportionment modelling *Proc. 10th Int. Conf. on Air Quality: Science and Application (Milano 14-18 March 2016)* Ed S Finardi, A Farrow et al (Hertfordshire: University of Hertfordshire) p 176.
- Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of nitrogen oxides emissions from petrol and diesel passenger cars by means of on-board monitoring: effect of vehicle speed, vehicle technology, engine type on emission rates // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2016. – V. 47. – p. 251-264.
- Obschesoyuznyy normativnyy dokument «Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, sodержashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy». – L.: Gidrometeoizdat, 1987. – 93s.

Поступила: 15.03.2017

Об авторах:

Ложкин Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства, Заслуженный деятель науки РФ, Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС РФ, vnlojkin@yandex.ru

Ложкина Ольга Владимировна, кандидат химических наук, доцент кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения, Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС РФ, olojkina@yandex.ru

Note on the authors:

Lojkin Vladimir, doctor of technical sciences, professor, Professor of the Department of fire, rescue equipment and automobile economy, «Honored Scientist of the Russian Federation», Saint-Petersburg university of State fire service Emercom of Russia, vnlojkin@yandex.ru

Lojkina Olga, candidate of chemical Sciences, associate Professor of the Department of physico-chemical principles of combustion and extinguishing, olojkina@yandex.ru