

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ СТРУКТУРЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ УСЛОВИЯХ УЯЗВИМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

**В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

М.А. Косовец;

С.В. Мальцев.

**Дальневосточная пожарно-спасательная академия –
филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России**

Автомагистрали городов являются мощными источниками техногенной нагрузки, оказывающих существенное влияние на придорожную среду. Интенсивное загрязнение воздуха в больших городах обусловлено быстрым ростом численности транспортных средств и отставанием темпов развития дорожно-транспортной сети. Это приводит к возникновению заторных ситуаций, когда двигатели работают в режимах малых нагрузок и холостого хода, характеризующихся повышенным расходом топлива и выбросами. Экологическая опасность загрязнения крупных городов стала одной из актуальных проблем современности. В связи с этим существует потребность в постоянном мониторинге содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для оценки уровня загрязнения придорожной среды в зависимости от состава транспортного потока, дорожных и атмосферных условий.

Ключевые слова: автотранспортные средства, транспортный поток, выбросы загрязняющих веществ

ON THE LAWS OF THE STRUCTURE AND INTENSITY OF MOTOR TRANSPORT FLOWS IN EMERGENCY CONDITIONS OF POPULATION

V.N. Lozhkin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

M.A. Kosovets; S.V. Maltsev.

Far East fire and rescue academy – branch of Saint-Petersburg university of EMERCOM of Russia

Highways of cities are powerful sources of anthropogenic load that have a significant impact on the roadside environment. Intensive air pollution in large cities is due to the rapid growth in the number of vehicles and the lagging pace of development of the road and transport network. This leads to congestion when the engines are operating at low loads and idling, characterized by increased fuel consumption and emissions. The environmental risk of pollution in large cities has become one of the urgent problems of our time. In this regard, there is a need for continuous monitoring of the content of pollutants in the air to assess the level of pollution of the roadside environment, depending on the composition of the traffic flow, road and atmospheric conditions.

Keywords: motor vehicles, traffic, pollutant emissions

Экологическая опасность загрязнения крупных городов стала одной из актуальных проблем современности [1]. Методы оценки измерителей влияния и уровней загрязнения придорожного пространства регламентированы соответствующими законодательными актами России и нормативно-методическими документами [2, 3].

Получение информации о загрязнении воздушной придорожной среды вредными (загрязняющими) выбросами автотранспорта возможно двумя путями:

- экспериментальными измерениями параметров, характеризующих качество воздуха вблизи объектов транспортной инфраструктуры;
- расчетом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу передвижными источниками (для отдельных магистралей, элементов улично-дорожной сети, транспортных объектов и, в целом, городских агломераций).

Для решения задач, связанных с моделированием и прогнозированием загрязнения атмосферы транспортными потоками, наиболее перспективным является использование расчетных методов. В европейских странах для расчетов концентраций используются методики, рекомендованные Международным агентством по атомной энергии, в которых за основу взята эмпирическая модель Пасквилла-Гиффорда [4], которая применима в масштабах расстояний до 10 км. В основе модели – представление изменения концентрации примесей, выбрасываемых непрерывным источником в атмосферу, гауссовым распределением по вертикали и в поперечном к ветру направлении. Вероятные атмосферные метеорологические ситуации ранжируются по шести классам устойчивости, распределение скорости ветра моделируется функцией, зависимой от высоты. Базисной информацией модели являются обобщенные многочисленные экспериментальные данные.

В нашей стране распространены модели на основе теории турбулентной диффузии примесей в стратифицированной атмосфере [3, 5], которые положены в основу отраслевого стандарта, который действует и используется, в том числе, и для расчетов загрязнения атмосферы выбросами от автотранспорта [3].

При определении уровня загрязнения придорожной среды выбросами от транспортного потока необходимо учитывать ряд особенностей:

- узкую линейную локализацию выбросов вдоль дорог;
- неоднородность плотности и состава (морфологии) транспортного потока, закономерно изменяющихся во времени: как и интенсивность, зависит от времени года, дня недели, времени суток;
- значительную пространственную изменчивость характеристик потока, которые определяются удаленностью от крупных населенных пунктов, видом покрытия дорожного полотна, ландшафтом местности;
- приземное расположение источников замедляет рассеивание выбросов в атмосфере.

Для оценки уровня загрязнения придорожного пространства целесообразно использовать всю доступную дополнительную информацию, а именно: результаты ранее проведенных исследований, таких как непосредственные инструментальные и визуальные обследования автомобильной дороги; данные государственных органов по охране окружающей природной среды (метеорологические данные наблюдений на территории, на которой расположена автомобильная дорога); данные Государственной инспекции безопасности дорожного движения и транспортной инспекции; опубликованы данные бюллетеней, ежегодников, карт, справочников, материалов научно-исследовательских, а также проектных организаций и др.

Разработанная авторами методика основана на выявлении закономерностей формирования морфологии состава и структуры транспортного потока применительно к условиям максимальной уязвимости населения в часы пик. Поэтому массовый выброс i загрязняющего вещества транспортным потоком M_i рассчитывается с учетом категории транспортных средств, их экологического класса Евро, вида используемого топлива, реального технического состояния по формуле, мг/с [6]:

$$M_i = \frac{1}{3600} * I * \sum_{jk} (m_{ikpv} * \gamma_{kpi} * k_j),$$

где I – интенсивность транспортного потока, авт./час; m_{ikpv} – удельные выбросы выброс i загрязняющего вещества транспортным средством; k_j – категория экологического класса Евро-0, который использует p вид топлива при v скорости движения транспортного потока, мг/км; γ_{kpi} – доля транспортных средств k категории p вида топлива j экологического класса Евро ($\sum \gamma_{kpi} = 1$).

Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе придорожной среды на расстоянии «х» от оси дороги $C(x)$ определяется по формуле, мг/м³:

$$C(x)_i = \frac{M_i}{\pi * u * \sin \alpha * \sigma_y * \sigma_z} * e^{-\left[\frac{H^2}{2 * \sigma_z^2}\right]},$$

где u – скорость ветра, м/с; α – угол между направлением ветра и направления дороги, град; σ_y, σ_z – дисперсия распределения примесей в атмосфере в направлениях y и z , м; H – высота источников выбросов, м (для смешанного транспортного потока $H=0,5$ м).

В качестве исходных данных для расчета выбросов авторы используют результаты натурных наблюдений качественного и количественного состава транспортных потоков и метеорологические показатели.

Обязательно, по данным наблюдений стационарных станций непрерывного контроля качества городской среды, авторами оценивается достоверность полученных результатов для реальных транспортных потоков и вносятся адекватные им коррективы.

Натурные наблюдения характеристик транспортного потока, согласно разработанной методике, необходимо проводить в два этапа:

- 1) выделяется типичный для города участок улично-дорожной сети;
- 2) проводятся одновременно наблюдения интенсивности и состава движения в течение 13 ч (7:00–20:00) и метеорологических условий.

Натурные наблюдения интенсивности и состава транспортных потоков требуется проводить в будние дни недели, так как эти дни характеризуются наиболее устойчивой интенсивностью движения.

Транспортный поток характеризуется максимальной интенсивностью 3 000–4 000 авт./час. Качественный состав по категориям составляет: 85–90 % – транспортные средства категории М1, 7–12 % – транспортные средства категории М2, 1–3 % – транспортные средства других категорий. По виду топлива: 85–90 % – бензиновые двигатели, 15–18 % – дизельные.

Для регистрации CO, NO_x использовался переносной газоанализатор 603 EX01-3M. Работа прибора основана на преобразовании массовой концентрации токсичных газов по принципу электрохимического эффекта. Способ отбора проб диффузный. Для определения концентрации SnNm используется оптико-абсорбционный газоанализатор ГИАМ-315, который предназначен для измерения суммарной массовой концентрации предельных углеводородов C1–C10 (в пересчете на углерод). Способ отбора проб – принудительный, принцип работы – непрерывный.

В работе «Прогноз экстремального загрязнения воздуха водным и автомобильным транспортом: на примере вантовых переходов Санкт-Петербурга и Владивостока» приведены основные исследования опасного загрязнения воздушной среды отработавшими газами двигателей автомобилей и судов в акваториях мостовых переходов [7].

Объект и предмет исследования выбраны актуализировано с целью и задачами научных изысканий (рис. 1).

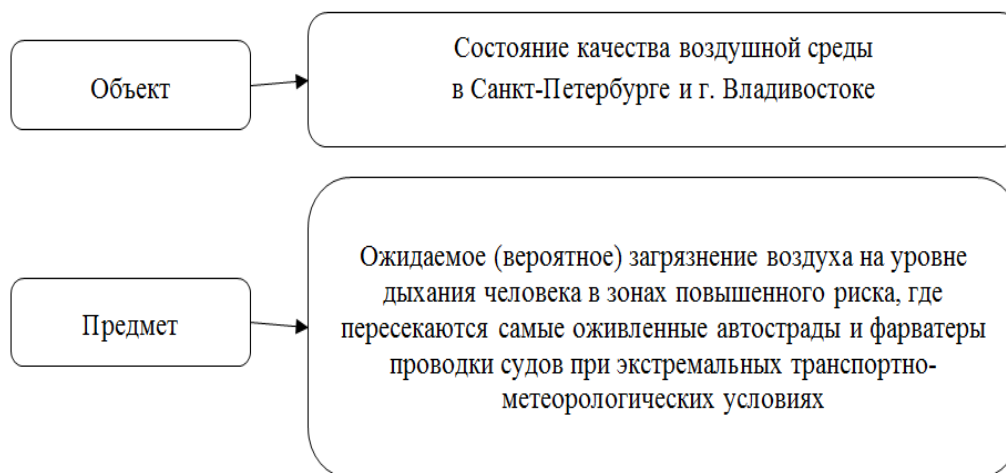


Рис. 1. Объект и предмет исследования

Результаты выполненных натурных обследований интенсивности движения автотранспорта приведены в таблице.

Таблица. Результаты обследования интенсивности автотранспортного потока [7]

Дата проведения наблюдения	Время наблюдений (20 мин)	Число автомобилей по категориям					Средняя скорость движения потока, км/ч		
		Л	АМ	$\Gamma_{\geq 12}$	$\Gamma_{> 12}$	$A_{> 3,5}$	легковые	грузовые	автобусы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Большой Обуховский мост (Санкт-Петербург)									
17.03.2016 г.	17:45–18:05	3 122	178	59	151	3	80	70	60
18.03.2016 г.	17:45–18:05	3 213	185	62	165	4	80	70	60
19.03.2016 г.	17:45–18:05	3 102	195	65	161	3	60	70	60
21.03.2016 г.	17:45–18:05	3 305	222	63	175	5	80	70	60
22.03.2016 г.	17:45–18:05	3 040	206	55	145	4	80	70	60
Золотой мост (Бухта Золотой Рог, г. Владивосток)									
20.03.2017 г.	8:00–8:20	1 828	28	9	8	13	60	50	50
21.03.2017 г.	8:00–8:20	1 762	26	13	4	7	60	50	50
22.03.2017 г.	8:00–8:20	1 818	18	15	7	12	60	50	50
23.03.2017 г.	8:00–8:20	1 834	21	6	7	13	60	50	50
24.03.2017 г.	8:00–8:20	1 743	37	21	7	17	60	50	50

Л – легковые; АМ – автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т; $\Gamma_{\leq 12}$ – грузовые от 3,5 до 12 т; $\Gamma_{> 12}$ – грузовые свыше 12 т; $A_{> 3,5}$ – автобусы свыше 3,5 т

Из анализа данных таблицы следует, что интенсивность движения автотранспорта в часы пик по КАД в Санкт-Петербурге через вантовый переход «Большой Обуховский мост» (восемь полос движения) значительно выше, чем по автомагистрали г. Владивосток – о. Русский через переход «Золотой мост» (шесть полос движения).

Экспериментально-расчетные оценки ожидаемого превышения поллютантами ПДК_{МР} в окрестности вантового перехода «Золотой мост» в г. Владивостоке при нормально неблагоприятных метеорологических условиях (ННМУ) для часов пик выявили проблемным загрязнителем диоксид азота (NO₂), превышения до 3–4 раз (рис. 2). Ожидаемые значения концентраций CO, SO₂, формальдегида, бензо(α) пирена, сажи, углеводородов оказались значительно меньше ПДК_{МР}.

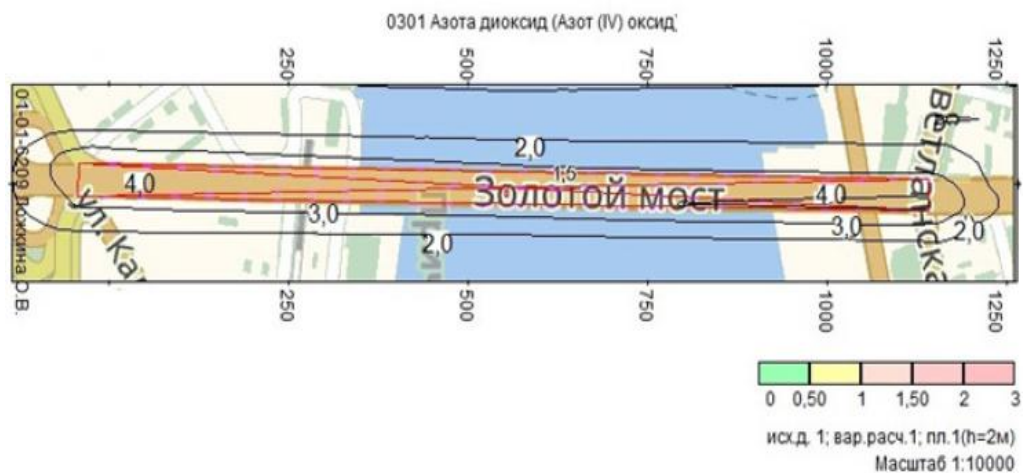


Рис. 2. Ожидаемое для ННМУ загрязнение воздуха NO₂ (в долях ПДК_{МР}) от автомобилей в районе перехода «Золотой мост» (г. Владивосток) в часы пик [7]

Экспериментально-расчетные оценки ожидаемого превышения концентраций поллютантов ПДК_{МР} в окрестности вантового перехода «Большой Обуховский мост» в Санкт-Петербурге при ННМУ для часов пик, аналогично оценкам для г. Владивостока, выявили проблемным загрязнителем диоксид азота (NO₂) со сравнительно несколько большими превышениями – до четырех раз (рис. 3). Ожидаемые значения концентрации сажи до 1,5 ПДК_{МР}; CO, SO₂, формальдегида, бензо(α) пирена, углеводородов оказались значительно меньше ПДК_{МР}.

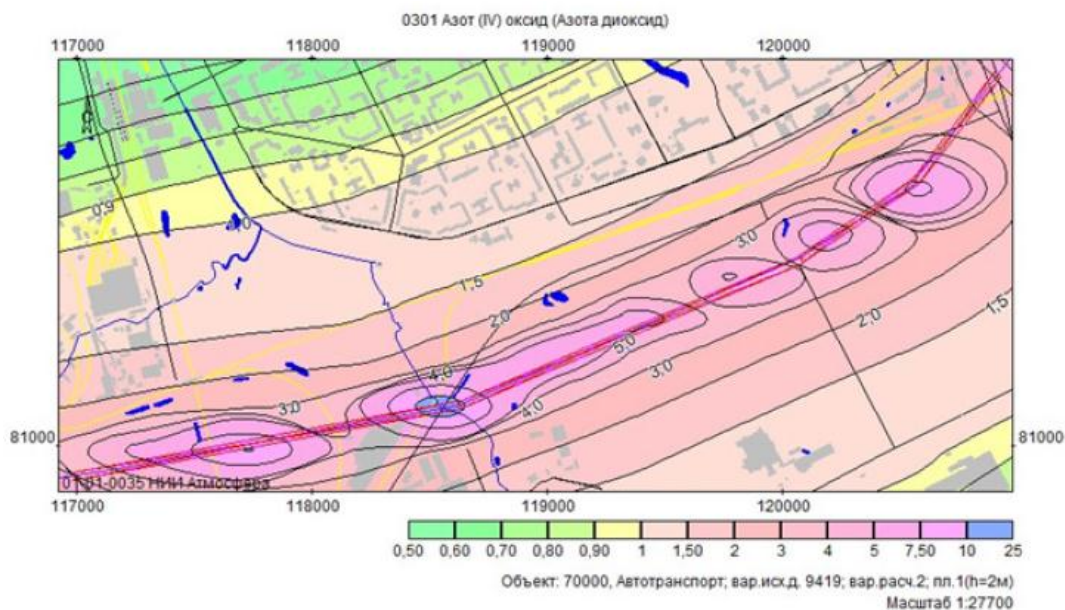


Рис. 3. Ожидаемое для ННМУ загрязнение воздуха NO₂ (в долях ПДК_{МР}) от автомобилей в районе перехода «Большой Обуховский мост» (Санкт-Петербург) в часы пик» [7]

Выводы:

1. Разработана модель и методика прогнозирования состава, структуры (морфологии) и интенсивности движения транспортного потока в периоды чрезвычайно опасной уязвимости городского населения, проживающего в окрестности крупных автомагистралей.

2. Результатами проведенного в Санкт-Петербурге и г. Владивостоке исследования предполагается обратить внимание заинтересованных служб и организаций, включая силы МЧС России, на необходимость контроля 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.

Литература

1. Экологическое состояние города / А.И. Бондарь [и др.]. К., 2008. 96 с.
2. Общесоюзный нормативный документ «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий – ОНД-86». Л.: Гидрометеиздат, 1987. 93 с.
3. ГОСТ 32847–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению экологических изысканий // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.11.2018).
4. Bruce Turner D. Atmospheric dispersion estimates – Lewis Publishers, 1994. 90 с.
5. ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 93 с.
6. Матейчик В.П., Никонович С.А. Разработка методики определения расхода топлива и массовых выбросов загрязняющих веществ транспортным потоком // Вестник НТУ. 2012. № 25.
7. Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Добромиров В.Н. Прогноз экстремального загрязнения воздуха водным и автомобильным транспортом: на примере вантовых переходов Санкт-Петербурга и Владивостока // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 3. С. 133–145.

