

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

В.С. Артамонов, доктор технических наук, доктор военных наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

О.В. Ложкина, кандидат химических наук, доцент. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Разработана методология формирования информационного процесса мониторинга химического и шумового загрязнения воздушной среды от функционирования транспорта на урбанизированных территориях в показателях индивидуального риска, физического и стоимостного ущерба. На примере региона Санкт-Петербурга показана реализация информационной системы процесса текущего контроля, краткосрочного и долгосрочного прогнозирования комплексного акустического и химического загрязнения атмосферы городским транспортом: автомобилями, трамваями, троллейбусами, электрическими поездами пригородного сообщения и метрополитена. Установлено, что наибольший экологический эффект для региона Санкт-Петербурга следует ожидать при перспективном обновлении эксплуатируемого парка транспорта на автомобили четвертого и пятого экологических классов.

Ключевые слова: информационный процесс, информационная система, городской транспорт, загрязнение атмосферы, мониторинг, вредные вещества, шум, моделирование, прогнозирование, техногенный риск, ущерб

DEVELOPMENT OF INFORMATION PROCESS OF MONITORING OF TECHNOSPHERE SAFETY OF FUNCTIONING OF TRANSPORT ON URBANIZED TERRITORIES

V.S. Artamonov. EMERCOM of Russia.

V.N. Lozhkin; O.V. Lozhkina.

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

There was developed a methodology describing the formation of information monitoring of noise and chemical air pollution from transport on urbanized territories in terms of individual risks, physical and external costs. The implementation of the information process of monitoring, short-term and long-term forecasting of complex noise and chemical pollution of the atmosphere by city transport, including cars, trams, trolley buses, electric trains, commuter trains and subways, is exemplified with Saint-Petersburg. It was established that the greatest positive environmental effect for Saint Petersburg should be expected from the future substitute of the vehicle fleet by the vehicles of the fourth and fifth ecological classes.

Keywords: information process, information system, urban transport, air pollution, monitoring, hazardous substances, noise, modeling, forecasting, technological risk, damage

Развитие транспортной инфраструктуры оказывает непосредственное воздействие на окружающую городскую среду. Формирование транспортной инфраструктуры в значительной мере определяется архитектурно-планировочными, геоморфологическими, климатическими, инженерными и другими особенностями городских территорий, тогда как санитарно-гигиеническое состояние городской среды зависит как от перечисленных особенностей, так и в первую очередь от технического состояния и характера эксплуатации подвижного состава городского транспорта (ГТ).

Подавляющая часть грузовых и пассажирских перевозок в городах осуществляется автомобильным транспортом, на долю которого, по разным оценкам, приходится от 70 до 80 % химического и шумового загрязнения воздушной среды. В то же время неотъемлемой частью современной транспортной инфраструктуры являются троллейбусы, трамваи, метрополитен и электропоезда, «энергетическое питание» которых производится тепловыми электростанциями, выбрасывающими в окружающую среду токсичные вещества и «парниковые газы».

Загрязнение вредными веществами и шумом ГТ воздушной среды оказывает непосредственное влияние на смертность и заболеваемость населения, продуктивность сельского и лесного хозяйств, коррозию и разрушение объектов инфраструктуры, изменение климата, которое выражается как в натуральных, так и стоимостных показателях наносимого обществу ущерба.

Транспортные системы характеризуются специалистами как технические объекты высокой степени сложности. В этой связи прогнозирование их опасных или чрезвычайных форм взаимодействия с окружающей средой в долгосрочной перспективе осуществляется сегодня на основе физико-математических транспортно-экологических моделей, реализуемых с помощью соответствующих им виртуальных информационных процессов и баз данных [1–3]. Вследствие непрерывно изменяющихся условий принятия управленческих решений по развитию ГТ (на локальном, региональном и глобальном уровнях), информационные процессы требуют своего развития на основе наукоемких технологий.

Методология

В качестве основного критерия санитарно-гигиенического мониторинга, обосновывается ранее отработанный авторами В.Н. Зенцовым, В.Н. Ложкиным, В.С. Артамоновым и др. [1] риск здоровью биоэкологического воздействия вредных веществ и шума транспортных средств (ТС), значения которого определяются по уравнениям (1–5), выражающих математические аппроксимации эмпирических зависимостей «вероятности тяжести биологических реакций человека» («эффекта») от концентраций вредных веществ, в мг/м³, и уровней шума ТС, в дБ(А). В виду одностороннего действия вредных веществ и шума «условный риск здоровью» может определяться как при индивидуальном, так и комбинированном воздействии опасных факторов.

Функция риска от шумового воздействия при условии нулевого химического загрязнения определяется по выражению:

$$R_{ш}(Y_{ш}) = \frac{1}{\sigma_{ш} \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{P_{ш}(Y_{ш})} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_{ш}^2}\right) dx \quad (1)$$

где $Y_{ш}$ – уровень шума, дБ(А); $P_{ш}(Y_{ш})$ – вероятность возникновения эффекта риска здоровью, выраженная в пробитах, которая определяется по формуле:

$$P_{ш}(Y_{ш}) = a_{ш} + b_{ш} * \lg(Y_{ш} + C_{ш}), \quad (2)$$

где $a_{ш}$, $b_{ш}$, $C_{ш}$, $\sigma_{ш}$ – рассчитываемые параметры, обеспечивающие заданное значение $R_{ш}(Y_{ш})$ в контрольных точках.

По результатам проведенных расчетов получены следующие значения параметров: $a_{ш} = -8,32$; $b_{ш} = 4,23$; $C_{ш} = -11,8$; $\sigma_{ш} = 0,85$.

Функция риска от химического загрязнения при условии нулевого акустического загрязнения:

$$R_X(Y_X) = \frac{1}{\sigma_X \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{P_X(Y_X)} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_X^2}\right) dx, \quad (3)$$

где $P_X(Y_X) = a_X + b_X * \lg(Y_X + C_X), \quad (4)$

где a_X , b_X , C_X , σ_X – рассчитываемые параметры, обеспечивающие заданное значение $R_X(Y_X)$ в контрольных точках. По результатам проведенных расчетов получены следующие значения параметров: $a_X = -4,61$; $b_X = 2,21$; $C_X = 23,07$; $\sigma_X = 0,85$.

Функция риска комбинированного воздействия R^* для уровня шума $Y^*_{ш}$ и уровня химического загрязнения Y^*_x определяется из равенства:

$$\left(\frac{Y^*_{ш}}{\tilde{Y}_{ш}(R^*)} \right)^2 + \left(\frac{Y^*_x}{\tilde{Y}_x(R^*)} \right)^2 = 1 \quad (5)$$

где $\tilde{Y}_{ш}(R)$ – функция, обратная (1); $\tilde{Y}_x(R^*)$ – функция, обратная (3),

$$\tilde{Y}_{ш}(R) = 10^{\frac{G^{-1}(\sigma_{ш}, R) - a_{ш}}{b_{ш}}} - C_{ш}, \quad \tilde{Y}_x(R) = 10^{\frac{G^{-1}(\sigma_x, R) - a_x}{b_x}} - C_x,$$

где $G^{-1}(\sigma, R)$ – функция, обратная функции Гаусса.

Если для городской воздушной среды, представляющей собой смесь веществ с n -вредными компонентами, известен эффект от совместного воздействия каждого вредного вещества, то суммарный эффект воздействия данной смеси определяется по формуле:

$$C_{\Sigma} = \sum_{[i=1]}^n r_i \cdot r_i^{\Sigma B} \cdot C_i, \quad (6)$$

где $r_i^{\Sigma B}$ – коэффициент, учитывающий совместное с базовым веществом воздействие исследуемого вредного вещества; $\frac{[C_B]}{[C_i]} = r_i$ – индекс токсичности вредного вещества

(по физическому смыслу – число, показывающее необходимую кратность разбавления субстратом среды единицы массы вредного вещества по сравнению с базовым вредным веществом); $[C_B]$ – ПДК базового вещества. За базовое (сравниваемое) вещество можно принимать одно из наиболее изученных веществ с биоэкологической и гигиенической точки зрения. Здесь был принят оксид углерода, CO. При необходимости экологического

зонирования для каждого характерного участка городской территории S_j из m участков по формуле (7) определяются значения интегрального коэффициента техногенной нагрузки K_j^m :

$$K_j^m = \frac{R_j^*}{R_{Hj}^*}, \quad (7)$$

где R_j^* – условный риск здоровью от суммарного воздействия шумового и химического загрязнения атмосферы на участке городской территории с площадью S_j ; R_{Hj}^* – условный риск здоровью от суммарного воздействия шумового и химического загрязнения атмосферы, соответствующий нормативным значениям уровня шума и концентрациям аэрополлютантов с учетом функциональной принадлежности (технофильности – селитебная, рекреационная, промышленная) исследуемого участка S_j . Таким образом, по своей сути, коэффициент K_j^m тождественен фундаментальной характеристике – «экологической емкости» городских территорий.

Модель долгосрочного прогноза загрязнения воздуха на стратегическую перспективу обеспечивает расчет выбросов твердых частиц, NO_x (оксидов азота), CO (оксида углерода), CO_2 (углекислого газа), CH_4 (углеводородов), SO_2 (диоксида серы). Выбросы свинца были исключены из анализа, так как в Российской Федерации с 2003 г. официально действует запрет на производство и применение этилированного бензина. Модель основана на информации об удельной эмиссии загрязняющих веществ (ЗВ) (г/км или г/кВт) (в виду того, что валовые выбросы по региону оцениваются по данным ГИБДД о наличии ТС, последние идентифицируются, в отличие от модели оценки «экстремальных выбросов» на улично-магистральной сети, в соответствии с Евро 0, 1, 2, 3, 4, 5) и пробеге, приходящемся на весь парк (группу) ТС. Таким образом, масса выбросов рассчитывается по формуле:

Суммарная масса выбросов = показатель выбросов × пробег одного ТС × число ТС.

Обоснование в качестве объекта исследования Санкт-Петербурга показало, что данный регион по своим социально-демографическим, экономическим и экологическим параметрам во многом репрезентативен с крупнейшими городами Российской Федерации и мира, в частности с Большим Лондоном. Последнее обстоятельство было использовано далее в назначении недостающих параметров в новом информационном процессе.

В качестве стратегических сценариев развития транспортной ситуации по Санкт-Петербургу в долгосрочных прогнозах были обоснованы: перевод автобусов на газообразное топливо; использование «экологически чистых топлив», по качеству соответствующих требованиям европейских стандартов; введение требований ЕВРО-III, далее ЕВРО-IV-V. В качестве «инструмента» экономического стимулирования и регулирования внедрения природоохранных мероприятий были обоснованы «рыночные отношения с использованием механизма налоговой дифференциации».

Как видно, главное внимание при апробировании разработанного информационного процесса было уделено группе сценариев и мероприятий, предполагающих оценку эффективности реального и потенциального сокращения выбросов ТС за счет внедрения Европейских стандартов в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2005 г. № 609, «старт» которым был обозначен и обеспечен 19 июня 2000 г. при обсуждении проекта Федерального закона «Об обеспечении экологической безопасности автомобильного транспорта» на парламентских слушаниях Государственной Думы Российской Федерации.

Математической моделью предусмотрен расчет выбросов от транспортных потоков, движущихся как по автомобильным дорогам, так и по рельсам: легковые автомобили (топливо: бензин/дизельное); автобусы (топливо: бензин/дизельное/газ); троллейбусы

(электропривод); трамваи (электропривод); метро (электропривод); грузовики (топливо: бензин/дизельное); автофургоны (топливо: бензин/дизельное). При этом основное внимание уделяется выбросам от автомобильного транспорта. Модель позволяет обеспечить учет ожидаемого изменения как структуры эксплуатируемого парка ТС, так и улучшения показателей выбросов ЗВ в долгосрочной перспективе.

Результаты

Информация воздействия ТС получается непосредственными расчетами по формулам (1–6) либо путем преобразования математической модели в графоаналитический инструментарий, с помощью которого точечные, контурные и площадные характеристики вероятного «экстремального» загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами на уровне дыхания человека в неблагоприятных метеорологических условиях [2, 3] и транспортного шума переводятся в показатели вероятного техногенного биоэкологического риска: при индивидуальном, например, как это показано на рис. 1, так и любом из комбинированных воздействий загрязнения воздуха вредными веществами и шумом (рис. 2).

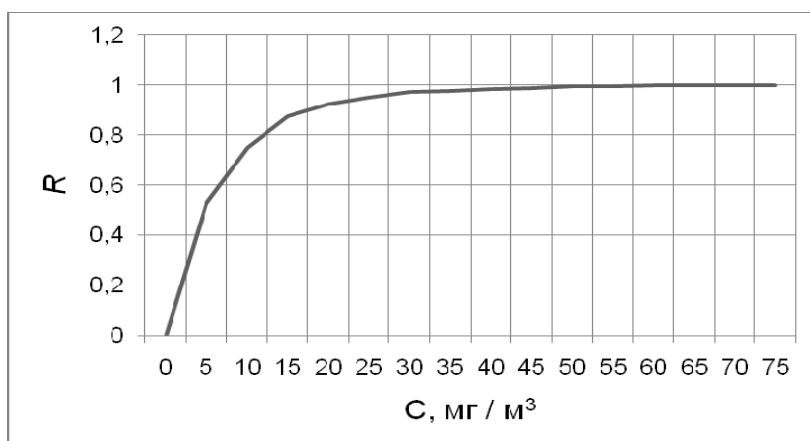


Рис. 1. Изменение биоэкологического риска R в зависимости от загрязнения атмосферы сажей C , мг / м³

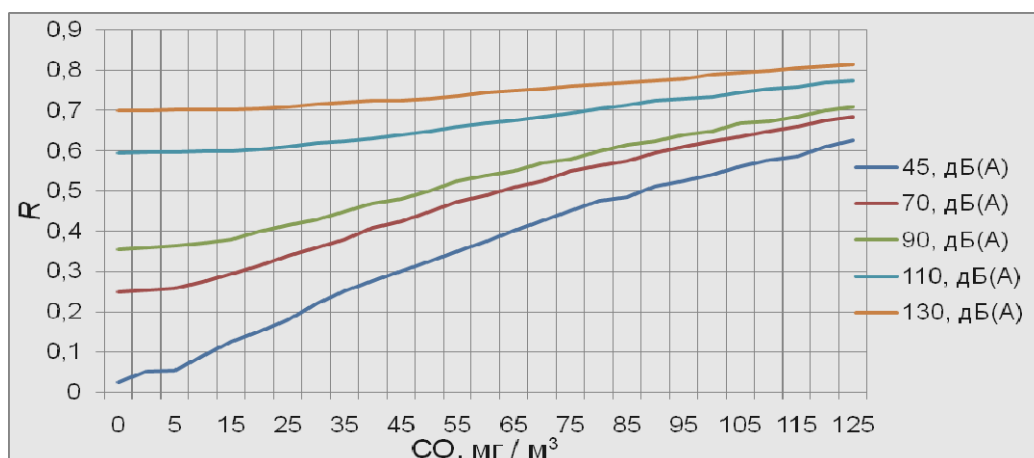


Рис. 2. Изменение биоэкологического риска R от загрязнения атмосферы CO , NO_2 , сажей, SO_2 (в приведении к CO), мг / м³, и уровня шума $L_{Aэкв.}$, дБ(А)

На последующем этапе реализации информационного процесса информация в виде техногенных биоэкологических рисков нарушения здоровья населения преобразуется с использованием формулы (7) в интегральные коэффициенты техногенной нагрузки на население K , которые учитывают «технофильность» ареала (городской территории) по типу его функционального использования: рекреационная, селитебная и промышленная. Так, требования по предельно допустимой техногенной нагрузке на воздушную среду определены в СНиП II-12-73 и СНиП III-4-80, в соответствии с которыми для селитебных районов города допускается загрязнение атмосферы до уровня 1,0 ПДК, для рекреационных зон внутри городского пространства – до 0,8 ПДК, для промышленных территорий – в пределах 2,0–6,0 ПДК в зависимости от состава загрязняющих ингредиентов.

В работе [4] в качестве иллюстрации применения разработанного информационного процесса, приводится карта биоэкологического зонирования южной планировочной зоны Санкт-Петербурга по уровню интегральной техногенной нагрузки.

На промежуточных этапах реализации информационного процесса долгосрочного прогноза потребитель может получать информацию, например, об ущербе, причиняемом различными группами ТС (рис. 3), или уменьшения ущерба по альтернативным сценариям развития городской транспортной инфраструктуры в долгосрочной перспективе (рис. 4).

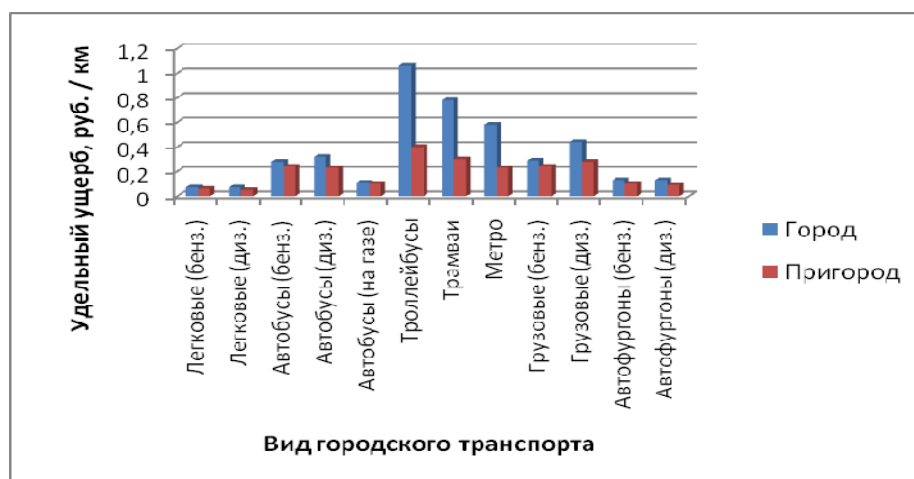


Рис. 3. Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха на 1 км пробега ГТ

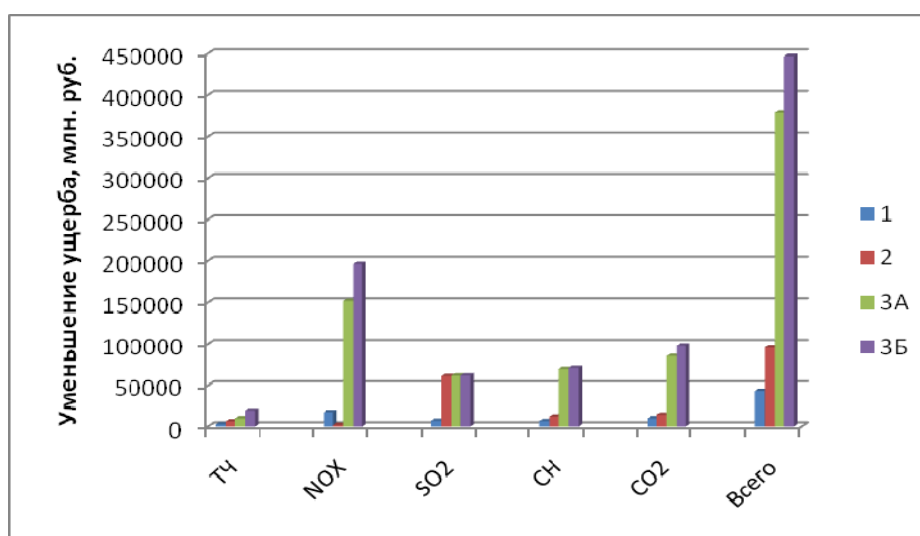


Рис. 4. Уменьшение ущерба по четырем сценариям развития транспортной инфраструктуры в Санкт-Петербурге

Сценарий 1 – предполагалось с 2005 г. (на начало 2010 г. не вступило в реализацию) начать, а к 2015 г. довести до 50 % от всего автобусного парка внедрение автобусов, работающих на газе. *Сценарий 2* – предусматривал с 2005 г. начать, а к 2015 г. завершить внедрение «экологически чистых топлив» (соответствующих европейскому качеству). *Сценарий 3А* – начиная с 2005 г. совместно с переводом на «экологически чистое топливо», выпуск в обращение ТС, соответствующих ЕВРО III (для новых автомобилей) с постепенным замещением старых отечественных ТС новыми АТС. *Сценарий 3Б* – предусматривал продолжение мероприятий по *сценарию 3А* и, дополнительно – с 2010 г. выпуск в обращение ТС, соответствующих ЕВРО IV, а с 2015 г., – автобусов и грузовиков, соответствующих ЕВРО V.

Результаты проведенного исследования в области совершенствования информационных аспектов обеспечения функционирования процесса мониторинга и прогнозирования химического и шумового загрязнения атмосферного воздуха большого города могут быть использованы для улучшения качества и эффективности решений, принимаемых в научной, экономической, управленческой целенаправленной экологической деятельности.

Литература

1. Ложкин В.Н., Мигулев С.Е., Гавкалюк Б.В. Методика формирования и применения информационного процесса мониторинга эколого-энергетической безопасности городского транспорта // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 1–2 (9–10). С. 155–163.
2. 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.
3. 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». 2015. № 36. p. 178–189.
4. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Environment Safety Management of Urban Road Transport. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH and Co., Saarbrucken, DU, 2011. 195 p. (in Russian).

References

1. Lozhkin V.N., Migulev S.E., Gavkalyuk B.V. Metodika formirovaniya i primeneniya informacionnogo processa monitoringa ehkologo-ehnergeticheskoy bezopasnosti gorodskogo transporta // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2009. № 1–2 (9–10). S. 155–163.
2. 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.
3. 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». 2015. № 36. p. 178–189.
4. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Environment Safety Management of Urban Road Transport. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH and Co., Saarbrucken, DU, 2011. 195 p. (in Russian).