

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПОЛЛЮТАНТАМИ АВТОТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Ложкин В. Н., Ложкина О. В.

IMPROVING THE QUALITY OF INFORMATION SUPPORT FOR MONITORING AIR POLLUTION FROM VEHICLES (CASE STUDY OF ST. PETERSBURG)

Lozhkin V. N., Lozhkina O. V.

Аннотация

Введение. Санкт-Петербург является культурной и морской столицей России с экологическими проблемами, типичными для крупнейших городов мира. В мегаполисе действует техническая система инструментального онлайн-контроля и расчетного прогнозирования качества воздушной среды. **Методы.** Система обеспечивает функционирование информационного процесса путем расчетного мониторинга текущего и перспективного ее состояния. **Результаты.** В статье описываются методологические подходы генерации инструментальной информации о структуре и интенсивности автотранспортных потоков на улично-дорожной городской сети и цифрового ее преобразования в информационные ГИС-карты содержания в воздухе поллютантов, в долях предельно допустимых их значений. **Заключение.** Оригинальная информационная технология контроля качества воздушной среды в форме официальной методики внедрена на региональном уровне и применяется в управленческой природоохранной деятельности.

Ключевые слова: городской автотранспорт, интенсивность движения, поллютанты, качество воздушной среды, информационная система мониторинга, управление.

Abstract

Introduction. St. Petersburg is the cultural and sea capital of Russia. The city is characterized by environmental problems typical for the largest cities in the world. It has a technical system for instrumental online monitoring and computational forecasting of air quality. **Methods.** The system maintains the information process by means of computational monitoring of its current and future state. **Results.** The paper describes methodological approaches to the generation of instrumental information about the structure and intensity of traffic flows in the urban road network and its digital transformation into GIS maps of air pollution in terms of pollutants standard limit values excess. **Conclusion.** The original information technology for air quality control was introduced at the regional level in the form of an official methodology and is used in environmental management activities.

Keywords: urban motor vehicles, traffic intensity, pollutants, air quality, information monitoring system, management.

Введение

Крупные городские агломерации вместе с экономическими и социально-культурными преимуществами всегда порождали экологические техногенные проблемы для населения, вызываемые прежде всего ухудшением качества среды обитания, в последнее столетие — загрязнением воздушной среды поллютантами и шумом от промышленных предприятий и транспорта [1, 2, 6–8]. За четыре последних десятилетия численность автомобильного транспорта в Санкт-Петербурге увеличивалась внушительными темпами — с 1980 года выросла более чем в десять

раз и составила в 2019 году 2 046 445 единиц [1]. Планомерное развитие улично-дорожной сети (УДС) за этот же период времени привело к увеличению пропускной способности автотранспорта в среднем по районам до 3,5 раза. Разность в темпах привела к такому явлению, как пробки на дорогах в часы пик [2]. Парк автотранспорта в Санкт-Петербурге в 1995–2005 годах состоял в основном из старых отечественных и зарубежных моделей и эксплуатировался на топливе преимущественно 0-го и 1-го экологических классов (в Европе уже применялось топливо Euro-2 — Euro-5) [1]. Экологический «прессинг» автомо-

бильного транспорта отрицательно сказывался на благополучии горожан [7]. Введение в РФ в последующие годы специальных технических регламентов с жесткими европейскими нормативами на поллютанты¹ сопровождалось коренным обновлением парка городского автотранспорта и постепенным улучшением качества топлива до уровня Euro-4 и Euro-5 (2018 год). Благодаря еще и уникальной для «проветривания» балтийской акватории розе ветров начиная с 2010 года качество воздуха в Санкт-Петербурге, за исключением часов пик в периоды неблагоприятных погодных условий [9], соответствует нормативам (ПДК_{МР} максимальные разовые ПДК) и не уступает европейским городам. Говоря о снижении выбросов транспортных парниковых газов, можно утверждать, что, благодаря ЛАЭС (Ленинградской атомной электростанции) Санкт-Петербург имеет высокий потенциал для внедрения экологически чистого электротранспорта и автомобилей с топливными элементами [1]. Его еще предстоит реализовать по аналогии с городами передовых в отношении использования возобновляемых источников энергии европейских стран (например, Германии и Дании) [1].

В статье на опыте Санкт-Петербурга рассматривается развитие методологии и практики внедрения контроля загрязнения воздуха на городских автомагистралях при чрезвычайно опасных метеорологических и транспортных условиях (приземная инверсия температуры + штилевая погода + часы пик) [2, 7, 9] на основе онлайн-цифровизации структуры и интенсивности автотранспортного потока.

Существовавший методологический подход учитывал, во-первых, автотранспорт, технический уровень которого соответствовал его реальному состоянию в 2012 году (на момент разработки предыдущей методики). Во-вторых, и это главное, в предыдущей методике для подсчета структуры и интенсивности транспортных потоков должны были привлекаться «статисты», что вносило известные неточности, связанные с человеческим фактором (главным образом, уровнем квалификации и опытом работы). На

¹ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011), утвержденный решением Комиссии Таможенного союза № 877 от 9 декабря 2011 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114/.

устранение основных причин и было направлено исследование. Работа выполнялась по заказу заинтересованных городских организаций.

Характеристика транспортных поллютантов как предмета исследования

К экологически опасным факторам автотранспорта относят [1]: поллютанты, наиболее актуальны $PM_{2,5}$ — частицы сажи выхлопа, истирания шин, полотна дороги, колодок тормозных, тяжелых металлов подшипников скольжения [9]; попадание в грунтовые воды токсичных стоков с дорог; шум, высокочастотные колебания, коррозию металлических конструкций и другое; снижение урожайности агрокультуры и омертвление флоры; захламенение и загрязнение окружающей среды транспортными отходами и многое другое. Перечисленные факторы являются следствием урбанизации территорий, и автотранспорт в этом негативном процессе играет ведущую роль.

Современные исследования [1, 2, 5–9] убеждают в остром доминировании сегодня проблемы сверхнормативной концентрации в воздухе транспортных поллютантов, для Москвы и Санкт-Петербурга — преимущественно в непродолжительных локальных чрезвычайных ситуациях затрудненного естественного воздухообмена в часы пик интенсивности транспортного движения. Опасность обусловлена наличием в отработавших газах (ОГ) и топливных испарениях тепловых двигателей транспорта комплекса летучих неорганических веществ (CO , CO_2 , SO_2 , NO , N_2 , N_2O , NH_3 , паров H_2O), тяжелых металлов и их производных (в том числе свинца и его соединений), жидких и газообразных органических соединений (неокисленного и частично сгоревшего топлива и смазочного масла, топливных углеводородов, включая метан; аренов, в том числе бензола; альдегидов, включая наиболее опасные формальдегид и акролеин; полициклических ароматических углеводородов, включая бенз(а)пирен) и мелкодисперсных взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$. Последние представлены частицами аморфного углерода до 2,5 мкм. Продукты полного окисления топлива (пары воды и углекислый газ) составляют около 99 % от объема ОГ, а вот остальные — токсичные, канцерогенные, мутагенные химические вещества [1].

Следует отметить, что анализируемая проблема характерна для всех крупных городов ми-

рового сообщества [5]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) констатирует преждевременную летальность 3,3 млн населения планеты от поллютантов. Неблагополучными по качеству воздуха являются города Китая, Пакистана, Индии, стран Латинской Америки. Однако и в городах Европейского сообщества, США, Японии в течение последнего десятилетия ситуация имеет тенденцию к ухудшению [3], и Европа уже приступила к разработке нормативов Euro-7. Особую тревогу ВОЗ [8] вызывает состояние загрязнения атмосферы в городах Китая, в которых по этой причине умирает 1,3–1,4 млн человек ежегодно. Промышленный смог трагичен для мирового климата, от него страдает и население пограничных стран, включая Россию.

В России ситуация с качеством атмосферного воздуха в городах регулируется на государственном уровне² [4, 6]. На начало 2019 года [4] для 46 городов РФ (21 % от общего числа городов с населением 13,4 млн жителей — около 12 % населения РФ) уровень загрязнения воздуха оценивался как высокий и очень высокий. Проблемными оказались города Норильск, Магнитогорск, Братск, Красноярск, Челябинск. В Красноярске и Челябинске выбросы от автотранспорта сопоставимы с выбросами от промышленных стационарных объектов: для Красноярска насчитывали за 2018 год около 76 тыс. т (63,8 % общих выбросов) и для Челябинска — 90,8 тыс. т (66,8 % общих выбросов). По данным [4] в Норильске, Магнитогорске, Братске и других городах с высоким и очень высоким загрязнением воздуха детальная инвентаризация выбросов приоритетных поллютантов от промышленных стационарных объектов и транспорта с оценками вклада последних в суммарное загрязнение не производилась до 2019 года. Такая ситуация, скорее всего, сохраняется до сих пор. В Санкт-Петербурге за последние 15 лет вклад транспорта в загрязнение атмосферы сохраняется на величине 80 % [6], что определяет самое пристальное внимание заинтересованных организаций и общественности к проблеме транспортных поллютантов.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были действующие в Санкт-Петербурге цифровая техническая система генерации информации о структуре и интенсивности автотранспортных потоков с помощью датчиков, установленных на магистралях городской улично-дорожной сети, и информационная система расчетного мониторинга качества воздушной среды в окрестности автомагистрали по данным визуальных (экспериментальных) наблюдений и оценок структуры и интенсивности автотранспортного потока [2]. Целью работы являлась разработка методологии адаптации цифровых данных о структуре и интенсивности автотранспортных потоков, генерируемых датчиками, к информационной системе расчетного мониторинга качества воздушной среды [9], практически методологии преобразования генерируемой датчиками информации о структуре и интенсивности автотранспортных потоков на улично-дорожной городской сети в ГИС-карты [3] концентраций поллютантов (на уровне дыхания человека) в окрестности автомагистралей в долях ПДК_{МР}.

В Санкт-Петербурге начиная с 1995 года проводится инвентаризация выбросов вредных (загрязняющих атмосферный воздух) веществ от передвижных источников выбросов — автотранспорта. Научно-методическое обеспечение данного информационного процесса по инициативе Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга и других заинтересованных организаций непрерывно совершенствуется по нескольким направлениям, главным из которых является актуализация структуры и интенсивности движения автотранспорта в пределах улично-дорожной городской сети с учетом изменения его технического состояния (экологического класса). Последнее усовершенствование методологического обеспечения информационного процесса экспериментально-расчетного мониторинга качества атмосферного воздуха от выбросов автотранспорта было осуществлено ОАО «НИИ Атмосфера» (Санкт-Петербург) при непосредственном участии авторов настоящей статьи и реализовано ООО «Фирма "Интеграл-Софт"» (Санкт-Петербург) в региональном документе

² Пункт 7 Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

«Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга»³.

Гармонизация требований ныне действующего ГОСТ 32965–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока» в обновленной методологии осуществлялась путем обоснования нового методического подхода к организации и проведению натурных обследований интенсивности и структуры автотранспортных потоков на городской улично-дорожной сети для дорог разных категорий с использованием данных вышеупомянутой цифровой технической системы генерации информации с помощью датчиков, соответствующей ГОСТ 32965–2014. При этом пять групп учитываемого автотранспорта (I — легковые, Л; II — автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т, АМ; III — грузовые от 3,5 до 12 т, $\Gamma_{\leq 12}$; IV — грузовые свыше 12 т, $\Gamma_{>12}$; V — автобусы свыше 3,5 т ($A_{>3,5}$) остались прежними [2], поскольку к настоящему времени они закреплены не только в национальном стандарте ГОСТ 33997–2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки», но и в ранее упомянутом международном документе ТР ТС 018/2011 [5], аутентичном Правилам Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) [1].

В новой методологии нашли отражение произошедшие к 2019 году и ожидаемые в перспективе устойчивые положительные тенденции изменений в структуре и техническом (экологическом) состоянии автотранспорта, эксплуатируемого в Санкт-Петербурге (появление гибридных автомобилей и работающих на топливных элементах, газодизельных и электрических автобусов; широкое применение на двигателях городского транспорта систем рециркуляции, фильтрации и каталитической нейтрализации ОГ, электронных систем управления и бортовой диагностики); по

³ Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга / Утверждена распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга № 33-р от 29.01.2019 г. URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=5113>

сути, наблюдается полное сближение с автотранспортом городов Европейского сообщества (ЕС) [2, 8, 9], что позволило учесть европейский опыт в обосновании удельных численных значений выбросов вредных (загрязняющих) веществ аналогично методологии ЕС «COPERT-5» [3].

Следует отметить, что в основу методики определения численных значений удельных выбросов по учетным группам автотранспорта, как и в странах ЕС, мы положили принцип ранжирования транспортных средств по экологическим классам (Euro 0, 1, ..., 6) и применения нормативов конструктивной экологической безопасности по документу ТР ТС 018/2011⁴ (Правила № 49 и № 83 ЕЭК ООН). Однако при этом принимались во внимание обстоятельства и вытекающие из них методические уточнения, влияющие на объективность оценок. Обстоятельства, не позволившие, как это делалось ранее, использовать непосредственно численные значения нормативов документа ТР ТС 018/2011:

- нормативы применяются только при проведении сертификационных испытаний транспортных средств (ТС), то есть когда решается вопрос об их постановке на массовое серийное производство. Они не распространяются на ТС, находящиеся в условиях эксплуатации;

- испытания производятся на технически исправных ТС по условным стандартным, так называемым «городской» и «магистральный», «ездовым циклам» (значительно отклоняющимся от реальных режимов движения ТС по дорогам УДС Санкт-Петербурга) при соблюдении строгих условий испытаний: температуры, влажности воздуха, атмосферного давления, нагрузки на двигатель;

- испытания производятся на «эталонном топливе», к химическому составу которого предъявляются строгие требования, которым, по известным объективным причинам, может не соответствовать топливо на автозаправочных станциях Санкт-Петербурга.

Методически данная проблема решалась нами анализом влияния каждого из указанных обстоятельств на оценки выбросов с ОГ автотранспорта

⁴ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011), утвержденный решением Комиссии Таможенного союза № 877 от 9 декабря 2011 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114/

путем систематического их уточнения по данным собственных и иных доступных отечественных и зарубежных исследований [1, 3, 5].

Описанным образом, с учетом самых передовых на сегодняшний день научно-методических подходов и практик, в методике была обновлена информационная база данных об удельных (г/км) выбросах вредных (загрязняющих) веществ с ОГ по ранее указанным пяти учетным группам актуального для Санкт-Петербурга парка эксплуатируемого автотранспорта. Далее для перехода к оценкам максимальных разовых выбросов (г/с), как этого требует целевой анализ соответствия качества атмосферного воздуха по критерию ПДК_{МР}, закономерно потребовался репрезентативный, весьма значительный массив информационных данных об интенсивности и структуре транспортных потоков по УДС города. Для устранения проблемы инициаторами и разработчиками методики³ было принято смелое, поскольку нигде в мире это пока не делается, решение воспользоваться массивом информации, предоставляемой заинтересованным организациям Центром транспортного планирования Санкт-Петербурга (ЦТП СПб). Оказалось, что данные ЦТП СПб включают и необходимую для реализации оригинальной информационной технологии непрерывно обновляемую в реальном масштабе времени цифровую информацию (онлайн-замеры) с использованием автоматических датчиков учета интенсивности движения транспортных потоков по дорогам УДС Санкт-Петербурга.

Наличие серий измерений за 2016–2018 годы обеспечило получение исходных данных о структуре и интенсивности транспортных потоков с 5-минутным периодом осреднения в течение нескольких суток в разные сезоны года на участках (перегонах) городской УДС. Отчеты (файлы) по каждой серии измерений, получаемые от ЦТП СПб, включают по каждой полосе движения конкретной дороги базовую информацию, а именно: общую интенсивность движения (на языке программы VOLUME), интенсивность движения по четырем категориям грузового транспорта (MID SIZE 1 — грузовые ТС < 5 т, MID SIZE 2 — грузовые 5–12 т, LONG VEH 1 — грузовые 12–20 т, LONG VEH 2 — грузовые > 20 т) и легкового транспорта. Фиксируется также скорость движения ТС по каждой полосе в двух направлениях

и количество грузовых транспортных средств XLONG VEH — объектов, не опознанных датчиками цифровой информационной системы. Разработчиком методики ООО «Фирма «Интеграл-Софт»» в 2017 году была проанализирована структура файлов и создана интегрированная база информационных данных для перевода текстового формата в программно обрабатываемый формат для экспорта потребителю информации статистически обрабатываемых данных. Далее совместно с ОАО «НИИ Атмосфера» сформированная таким образом информационная база данных по 87 участкам УДС Санкт-Петербурга была использована для оценки закономерностей суточной интенсивности движения и предложена уточненная типизация городских автодорог, а именно: магистральные дороги и улицы (тип 1.1 и 1.2) и транзитные (тип 2) с описанием их характерных признаков временной изменчивости транспортной нагрузки.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящем разделе на примере самого загруженного в часы пик участка кольцевой дороги «Большой Обуховский мост» анализируются преимущества внедрения новой цифровой информационной технологии прогноза опасного загрязнения воздуха диоксидом азота NO₂. Опасность для жителей прилегающих к данному участку дороги жилых кварталов определяется ожидаемыми неблагоприятными метеорологическими условиями [2]. Ввиду того что датчики автоматизированного учета движения транспорта не дают требуемую информацию для осуществления непосредственного экологического контроля транспортного потока, цифровые данные ранее упомянутых текстовых файлов с помощью программы в редакторе MS Excel переформатировались в информацию, соответствующую интенсивностям движения для пяти ранее упомянутых учетных групп транспортных средств (программа не представляет научной ценности, поэтому в статье не приводится), по формулам:

- I — легковые (Л): [(VOLUME + XLONG VEH) – (MID SIZE 1 + MID SIZE 2 + LONG VEH 1 + LONG VEH 2)];
- II — автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т (AM): MID SIZE 1;
- III — грузовые от 3,5 до 12 т ($\Gamma_{\leq 12}$): MID SIZE 2 – 0,15 MID SIZE 2;

IV — грузовые свыше 12 т ($\Gamma_{>12}$): LONG VEH 1 + LONG VEH 2;

V — автобусы свыше 3,5 т ($A_{>3,5}$): 0,15 MID SIZE 2.

На рис. 1 приведены научные результаты выполненного исследования в форме аналогового представления закономерностей изменения интенсивности движения транспортного потока, авт./ч, на участке «Большой Обуховский мост». Результаты представлены для пяти учетных групп транспортных средств. Они получены обработкой цифровой информации текстовых файлов, предоставленных ЦТП СПб, по разработанному алгоритму и ранее приведенным формулам за период с 20.04.2018 по 28.04.2018 г.

Такой методический подход отвечает смыслу цифровизации — высвободить «статистов», которые привлекались в соответствии с ранее действующей методикой для подсчета интенсивности движения транспортных средств по учетным группам. Это был весьма и весьма трудоемкий процесс, требующий специальных профессиональных знаний и навыков.

Анализ приведенных данных свидетельствует о крайне выраженной неравномерности измене-

ния транспортного потока на недельном временном интервале и еще более выраженной его изменчивости в течение суток. Так, экстремальные значения интенсивности движения (см. рис. 1), которые методикой рекомендуется использовать при экспериментально-расчетной оценке разности в значениях концентраций поллютантов, соответствующих им значений ПДК_{МР} для легковых транспортных средств в часы максимальной транспортной нагрузки (часы пик) могут достигать 10–12 тыс. авт./ч. Далее по относительной массовости следуют автофургоны и микроавтобусы — до 2–3 тыс. авт./ч. Максимальная интенсивность движения грузового транспорта составляет 300–350 авт./ч., автобусов — 70–80 ед./ч.

Упрощение путем внедрения технологии цифровизации процедуры получения требуемой информации на длительных временных интервалах (недели, месяцы, годы) позволяет более достоверно выявлять экстремальные на 20-минутных интервалах ситуации ожидаемого повышения интенсивности движения транспорта. В таблице показаны средние значения интенсивностей транспортного потока и скорости движения на участке «Большой Обуховский мост» за тот же недельный временной интервал.

Наличие сведений таблицы о транспортной загруженности дороги и производимой на ней «транспортной работе» позволяет осуществлять соотнесение исследуемой автомагистрали к одному из характерных типов городских автодорог УДС Санкт-Петербурга для последующего использования информации при оценке валового загрязнения воздушной среды [3].

Сведения текстовых файлов обработки цифровых данных автоматических датчиков измерительной системы ЦТП СПб с помощью сертифицированного программного продукта «Магистраль-город» ООО «Фирма "Интеграл-Софт"» (Санкт-Петербург) расчетным путем преобразуются в информационные ГИС-карты содержания в воздухе NO₂ в долях предельно допустимых их максимальных разовых значений ПДК_{МР} (рис. 2).

Следует напомнить, что для расчета концентрационных полей рассеивания (в форме изолиний концентраций) загрязняющих веществ, выделяющихся от автотранспортных потоков с ОГ, была использована известная математическая К-модель, разработанная в Главной гео-

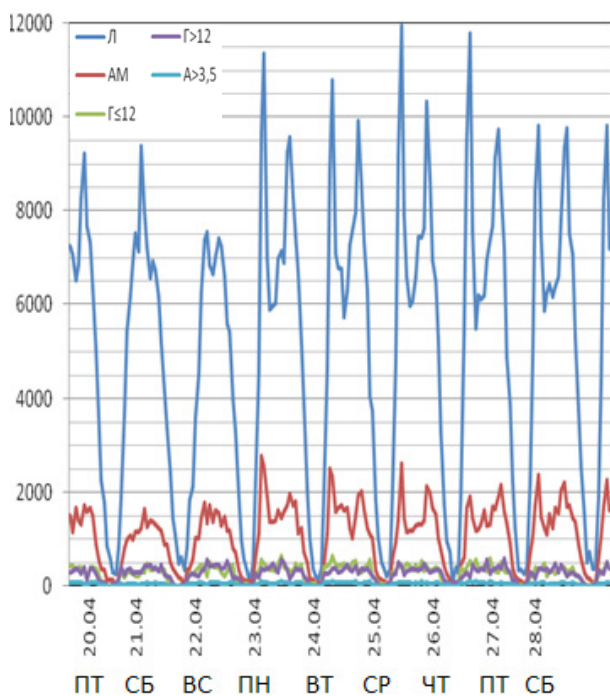


Рис. 1. Изменение интенсивности транспортного потока на участке вантового перехода через реку Невы «Большой Обуховский мост» Санкт-Петербурга по учетным группам методики

Средние значения интенсивности и скорости движения автомобилей в транспортном потоке на участке «Большой Обуховский мост» с 20.04.2018 по 28.04.2018 г.

Дата	Интенсивность движения (авт./ч) по учетным группам					Суммарная интенсивность движения (авт./ч)	Скорость движения потока, км/ч		
	Л	АМ	$\Gamma_{\leq 12}$	$\Gamma_{> 12}$	$A_{> 3,5}$		Легковые	Грузовые	Автобусы
20.04.18	6836	1366	356	299	63	8919	59,9	81,51	78,44
21.04.18	4550	845	229	258	40	5922	43,85	70,75	64,55
22.04.18	4186	932	249	272	44	5683	46,47	71,26	59,44
23.04.18	5350	1209	300	269	53	7181	50,58	67,69	59,19
24.04.18	5243	1183	332	255	59	7071	48,92	65,8	60,25
25.04.18	5367	1074	294	269	52	7056	44,87	70,48	60,12
26.04.18	5409	1096	310	281	55	7151	45,2	73,06	63,97
27.04.18	5242	1168	251	247	44	6952	49,04	71,79	68,16
28.04.18	3417	781	184	181	32	4595	39,47	67,28	56,65

физической обсерватории им. А. И. Воейкова научной школой профессора Берлянда М. Е. [1] и адаптированная нами для расчета выбросов от транспортных средств как линейного, для модельной стилизации, неорганизованного источника выбросов вредных (загрязняющих) веществ с ОГ. Данная аналитическая модель была нами скалькулирована числовым образом (создана подпрограмма [2]) для решения главной целевой задачи — адаптации новой цифровой технологии к условиям исследования применительно к изменчивости реального транспортного потока на участке вантового перехода через р. Неву «Большой Обуховский мост» города Санкт-Петербурга. Анализ рис. 2 показывает, что при нормально неблагоприятных метеорологических условиях (ННМУ) для временных периодов экстремальной нагрузочной транспортной ситуации (часы пик) вероятно ожидать загрязнения воздуха диоксидом азота NO_2 в акватории вантового перехода через р. Неву «Большой Обуховский мост» до значений $7,5 \text{ ПДК}_{\text{МР}}$.

Заключение

Внедрение разработанной цифровой информационной технологии позволяет:

- высвободить «статистов» из процедуры обследования изменения структуры и интенсивности транспортных потоков;
- более достоверно выявлять экстремальные на 20-минутных интервалах чрезвычайно опасные ситуации ожидаемого повышения интенсивности движения транспорта и, как следствие, загрязнение атмосферного воздуха загрязняющими отработавших газов;

- оперативным службам МЧС России заблаговременно принимать превентивные меры и быть готовыми к аварийному реагированию на ЧС для городского населения, связанные с ожидаемым экстремальным загрязнением воздушной среды загрязняющими веществами транспорта.

На примере одного из самых оживленных участков УДС Санкт-Петербурга в акватории вантового перехода «Большой Обуховский мост» кольцевой автомобильной дороги проанализированы результаты исследования, иллюстрирующие и подтверждающие работоспособность методологии новой информационной цифровой технологии. Она реализуется путем оригинальной обработки цифровой информации системы автоматических датчиков учета интенсивности движения транспортных потоков ЦТП СПб с последующим ее расчетным преобразованием в прогнозы ожидаемого чрезвычайно опасного загрязнения воздушной среды загрязняющими отработавших газов автотранспорта в периоды неблагоприятных метеорологических и транспортно-нагрузочных условий.

Исследования показали, что при нормально неблагоприятных метеорологических условиях для временных периодов экстремальной нагрузочной транспортной ситуации на УДС Санкт-Петербурга возможны загрязнения воздуха диоксидом азота NO_2 до значений $10 \text{ ПДК}_{\text{МР}}$.

Благодарности

Работа осуществлена при поддержке Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга. Авторы

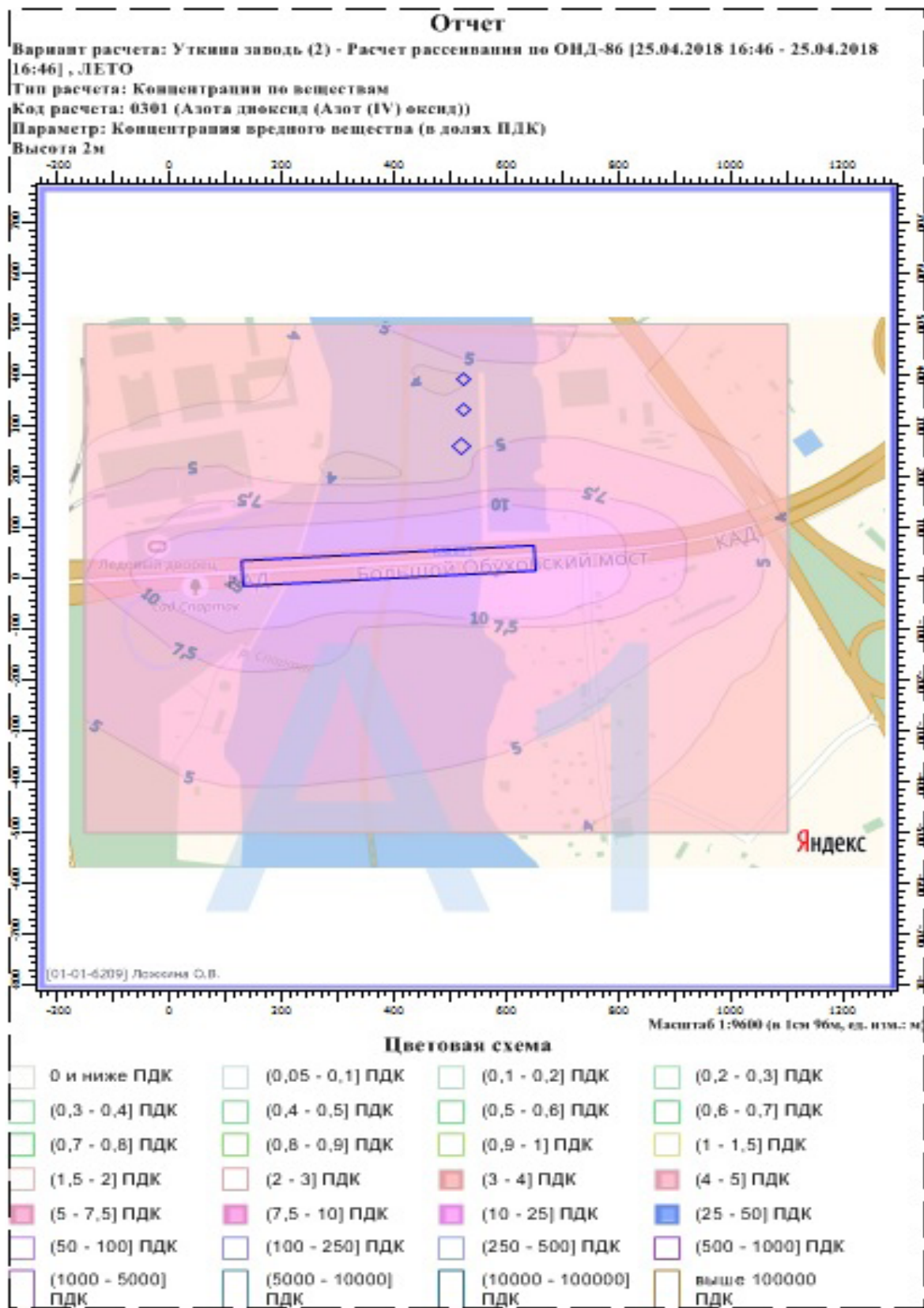


Рис. 2. Результаты расчета превышения ожидаемого загрязнения воздуха NO_2 в жилом массиве акватории вантового перехода через р. Неву «Большой Обуховский мост» в долях ПДК_{МР} при ННМУ

выражают благодарности Центру транспортно-го планирования Санкт-Петербурга (ЦТП СПб), ОАО «НИИ Атмосфера» (Санкт-Петербург), ООО «Фирма «Интеграл-Софт»» (Санкт-Петербург), инженеру-исследователю М. А. Косовцу за содействие в подготовке и внедрении авторских научных разработок в систему контроля и прогнозирования экологической обстановки в Санкт-Петербурге в периоды чрезвычайно опасных транспортно-нагрузочных и метеорологических условий.

Литература

1. Ложкин, В. Н. и Ложкина, О. В. (2011). Управление экологической безопасностью городского транспорта. Исследование эффективности управления экологической безопасностью городского транспорта на примере Санкт-Петербурга. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 204 с.
2. Ложкин, В. Н., Ложкина, О. В., Селиверстов, С. А. и Крипак, М. Н. (2020). Прогнозирование опасного загрязнения воздуха круизными судами и автотранспортными средствами в зонах их совместного влияния в Севастополе, Владивостоке и Санкт-Петербурге. *Вода и экология: проблемы и решения*, № 1 (81), сс. 38–48. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.1.38-50.
3. Ложкина, О. В. (2018). Методология прогнозирования и мониторинга чрезвычайного воздействия транспорта на городскую среду и население. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России.
4. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (2019). Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» [online]. Доступно по ссылке: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/c24/%D0%93%D0%94-2018%2030.08.19.pdf> [Дата обращения 10.06.21].
5. Официальный сайт Генерального директората Европейской комиссии по окружающей среде (2021) [online]. Доступно по ссылке: <https://ec.europa.eu/environment/air/sources/road.htm> [Дата обращения 10.06.21].
6. Серебрицкий, И. А. (ред.) (2019). Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2018 году [online]. Доступно по ссылке: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/08/12/42/doklad_zh_2018_EKOLOGIA2019.pdf [Дата обращения 10.06.21].
7. Lozhkina, O. V. and Lozhkin, V. N. (2015). Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models. *Transport. Res. Part D*, No. 36, pp. 178–189.
8. Lozhkina, O., Lozhkin, V., Vorontsov, I. and Druzhinin, P. (2020). Evaluation of extreme traffic noise as hazardous living environment factor in Saint Petersburg. *Transportation Research Procedia*, Vol. 50, pp. 389–396. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.046.
9. Lozhkin, V., Gavkalyk, B., Lozhkina, O., Evtukov, S. and Ginzburg, G. (2020). Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM_{2,5} soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg). *Transportation*

Research Procedia, Vol. 50. pp. 381–388. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.045.

References

1. Lozhkin, V. N. and Lozhkina, O. V. (2011). *Managing the environmental safety of urban transport. Analysis of the effectiveness of managing the environmental safety of urban transport (case study of Saint Petersburg)*. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 204 p.
 2. Lozhkin, V. N., Lozhkina, O. V., Seliverstov, S. A. and Kripak, M. N. (2020). Forecasting of dangerous air pollution by cruise ships and motor vehicles in the areas of their joint influence in Sevastopol, Vladivostok and St. Petersburg. *Water and Ecology*, No. 1 (81), pp. 38–48. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.1.38-50.
 3. Lozhkina, O. V. (2018). *Methodology for forecast and monitoring of the emergency impact of transport on the urban environment and population. DSc Thesis in Engineering*. Saint Petersburg: Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.
 4. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation (2019). *State Report "On the condition and protection of the environment of the Russian Federation in 2018"* [online]. Available at: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/c24/%D0%93%D0%94-2018%2030.08.19.pdf> [Date accessed 10.06.21].
 5. Official Website of the Directorate General for Environment (European Commission) (2021) [online] Available at: <https://ec.europa.eu/environment/air/sources/road.htm> [Date accessed 10.06.21].
 6. Serebritsky, I. A. (ed.) (2019). *Report on the ecological situation in Saint Petersburg in 2018* [online]. Available at: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/08/12/42/doklad_zh_2018_EKOLOGIA2019.pdf [Date accessed 10.06.21].
 7. Lozhkina, O. V. and Lozhkin, V. N. (2015). Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models. *Transport. Res. Part D*, No. 36, pp. 178–189.
 8. Lozhkina, O., Lozhkin, V., Vorontsov, I. and Druzhinin, P. (2020). Evaluation of extreme traffic noise as hazardous living environment factor in Saint Petersburg. *Transportation Research Procedia*, Vol. 50, pp. 389–396. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.046.
 9. Lozhkin, V., Gavkalyk, B., Lozhkina, O., Evtukov, S. and Ginzburg, G. (2020). Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM_{2,5} soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg). *Transportation*
- Авторы**
Ложкин Владимир Николаевич, д-р техн. наук, профессор
 ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России»
 E-mail: vnlojkin@yandex.ru

Ложкина Ольга Владимировна, д-р техн. наук,
профессор
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России»
Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко
Российской академии наук
E-mail: olojkina@yandex.ru

Authors

Vladimir Nikolayevich Lozhkin, DSc in Engineering,
Professor

Saint Petersburg University of State Fire Service of
EMERCOM of Russia
E-mail: vnlojkin@yandex.ru

Olga Vladimirovna Lozhkina, DSc in Engineering,
Professor
Saint Petersburg University of State Fire Service of
EMERCOM of Russia
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian
Academy of Sciences
E-mail: olojkina@yandex.ru