

Научная статья

УДК 65(1-21):504.3.054:33814; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-95-101

КОНТРОЛЬ ЧРЕЗВЫЧАЙНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ТРАНСПОРТОМ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ПО КРИТЕРИЯМ НАНОСИМОГО УЩЕРБА

✉ **Ложкин Владимир Николаевич;**

Калимуллина Ирина Фирузовна;

Сагиров Эдуард Анасович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ vnlojkin@yandex.ru

Аннотация. В аспекте тройственного всепланетарного кризиса, выражающегося потеплением климата, сокращением биологического разнообразия видов и загрязнением среды обитания, исследуется вопрос контроля чрезвычайных ситуаций опасного воздействия отработавших газов транспорта на условия жизнедеятельности населения Санкт-Петербурга. Контроль осуществляется по критериям ожидаемых «некомпенсируемых издержек» с помощью оригинальных моделей и алгоритмов расчета, адаптированных к реальным состояниям эксплуатируемого транспорта и финансово-демографической социальной среды. Приводятся расчетные оценки критического, в частности, чрезвычайного накопления в воздухе частиц сажи, оксидов серы, азота, углерода и углеводородов. Оценки выражаются в натуральных и денежных показателях, отслеживаемых по негативным эффектам нарушения состояния здоровья, ухудшения качества агропродукции, «порчи» элементов инфраструктуры, потепления климата.

Ключевые слова: город, транспорт, опасное загрязнение атмосферы, ущерб, натуральные и стоимостные показатели, контроль

Благодарности: авторы выражают благодарность кандидату химических наук, доктору технических наук О.В. Ложкиной, предоставившей отдельные результаты расчетов внешних издержек по программам «*Copert methodology*» и «*Externe*».

Для цитирования: Ложкин В.Н., Калимуллина И.Ф., Сагиров Э.А. Контроль чрезвычайного загрязнения воздуха транспортом Санкт-Петербурга по критериям наносимого ущерба // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 2 (70). С. 95–101. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-95-101.

Scientific article

CONTROL OF EXTREME AIR POLLUTION BY TRANSPORTATION IN SAINT-PETERSBURG BY DAMAGE

✉ **Lozhkin Vladimir N.;**

Kalimullina Irina F.;

Sagirov Eduard A.

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

✉ vnlojkin@yandex.ru

Abstract. In the aspect of the triple planetary crisis, expressed by climate warming, reduction in biological diversity of species and habitat pollution, the problem of emergency control of the dangerous impact of vehicle exhaust gases on the living conditions of citizens in Saint-Petersburg is being studied. Control is carried out according to the criteria of expected

«uncompensated costs» using original models and calculation algorithms adapted to the real conditions of the transport being used and the financial and demographic social environment. Calculation estimates of critical, in particular, extreme accumulation in the air of soot particles, oxides of sulfur, nitrogen, carbon and hydrocarbons are provided. Assessments are expressed in physical and monetary indicators, monitored by the negative effects of health problems, deterioration in the quality of agricultural products, «damage» to infrastructure elements, and climate warming.

Keywords: city, transport, dangerous air pollution, damage, natural and cost indicators, control

Acknowledgements: the authors express their gratitude to O.V. Lozhkina, candidate of chemical sciences, doctor of technical sciences, who provided separate results of calculations of external costs for the programs «Copert methodology» and «Externe».

For citation: Lozhkin V.N., Kalimullina I.F., Sagirov E.A. Control of extreme air pollution by transportation in Saint-Petersburg by damage // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 2 (70). P. 95–101. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-95-101.

Введение

В повестке дня обеспечения глобальной и региональной устойчивости остается главенствующей проблема так называемого [1] «тройного планетарного кризиса», выражающегося критичными явлениями изменения климата [2], утраты биоразнообразия [3] и загрязнения окружающей среды [4]. Оценки эффективности применяемых сегодня решений для предотвращения и смягчения негативных последствий планетарного экологического кризиса потребовали междисциплинарных «инструментов», сочетающих политические, технологические (технические) и экономические решения, и анализа последствий ухудшения качества воздушной среды на протяжении всего периода использования продуктов, процессов или политических стратегий [1].

Работа транспорта непосредственно влияет на загрязнение окружающей среды крупного города, доказательством этому является экспериментально засвидетельствованный авторами [5] феномен снижения уровня концентраций NO₂ и бензола из-за снижения интенсивности движения транспорта в период действия в г. Дели (Индия) карантина из-за COVID-19. Авторскими исследованиями [6] была установлена решающая роль в загрязнении приземного слоя тропосферы крупного города, характеризующегося мощными турбулентными миграциями «взвешенных» загрязняющих веществ, климатического режима в регионе и метеорологических факторов: температурной инверсии и скорости ветра.

На основе анализа энергетической динамики рабочих процессов поршневых двигателей [7] в исследовании [8], на примере Санкт-Петербурга, расчетными оценками было показано, что транспортные чрезвычайные загрязнения воздушной среды носят ярко выраженный локализованный характер, а на оздоровление воздушной среды способна оказать положительное влияние установка на автобусы нейтрализаторов с рекуперацией тепла отработавших газов (ОГ). Более поздними исследованиями индийских авторов [5] была установлена непосредственная связь концентраций поллютантов и парниковых газов ОГ транспорта с типом рабочего процесса двигателя (дизельный, бензиновый) и положительным влиянием электромобилей на оздоровление воздушной среды в местах интенсивного движения транспорта в г. Дели. Исследователи Московского автомобильно-дорожного университета (МАДИ) [9] с этой же целью повысили техническую эффективность двигателей воспламенения от сжатия с аккумулярованием энергии впрыска.

В странах европейского сообщества вместе с внедрением методики «Copert methodology» в налоговой практике контроля транспортных выбросов стали широко применяться экономико-финансовые инструменты оценки «внешних издержек»

(компенсируемые государством экологические ущербы, наносимые обществу ОГ транспорта). Такой подход решения проблемы применительно к ситуациям чрезвычайно опасного воздействия вредных веществ ОГ транспорта на объекты жизнедеятельности в Санкт-Петербурге стал развиваться автором статьи совместно с учениками [1] вследствие того, что, как показал «западный» опыт организации экономических отношений, в реальной практике компенсация экологических ущербов, наносимых городскому населению со стороны транспорта, не попадает в сферу регулирования рыночными механизмами. Изложению результатов данных исследований посвящена статья.

Объекты и методика исследования

В качестве демонстрационного объекта исследования экстремально высокого негативного воздействия ОГ транспорта на горожан по показателям наносимого ущерба был определен Санкт-Петербург с его городскими территориями и пригородами. Для Санкт-Петербурга как субъекта Российской Федерации вопросы санитарно-эпидемиологической безопасности аналогично крупным городам мира являются особо актуальными.

В Санкт-Петербурге функционируют все, известные на сегодняшний день, виды наземного и подземного городского транспорта, а именно: автотранспорт, трамваи, троллейбусы, электропоезда, включая метрополитен, водный транспорт. Данные виды транспорта, за исключением водного, в настоящем исследовании были приняты в качестве основных объектов-поставщиков в воздушную городскую среду поллютантов и парниковых газов (не менее 98 %). При этом объемы эмиссии загрязняющих веществ электрическим транспортом определялись по объемам выбросов теплоцентралями, вырабатывающими электроэнергию сжиганием углеводородного сырья, в эквиваленте расходуемой данным транспортом электроэнергии.

Методология оценки экстремального ущерба, наносимого населению основными видами транспорта и объектам техносферного назначения эмиссией в воздух частиц сажи, оксидов серы, азота, углерода и углеводородов, выстроена авторами по критериям ожидаемых «некомпенсируемых издержек». На рис. 1 показана схема маршрута отслеживания негативного эффекта от транспортных загрязняющих выбросов.

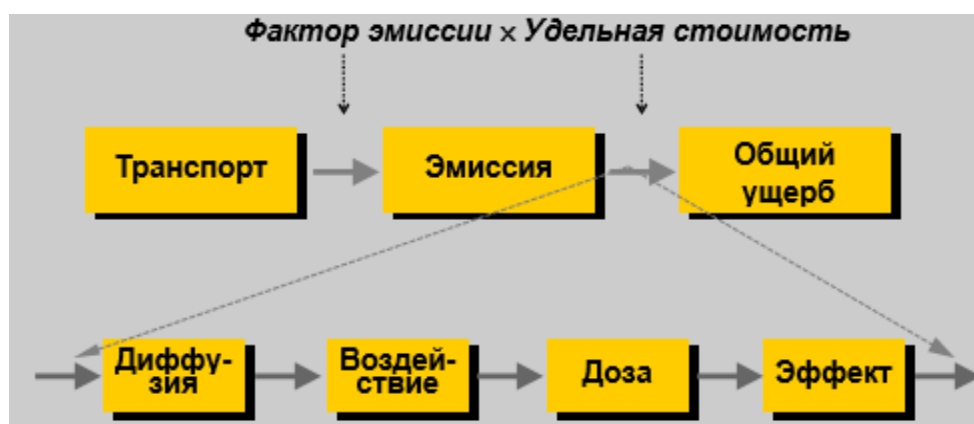


Рис. 1. Схема маршрута отслеживания негативного эффекта от транспортных выбросов

Подход расчета ущерба обществу производится по ранее отмеченной методике «некомпенсируемых издержек» [5]. Он путем вмешательства государства в экономическое регулирование компенсирует санитарно-эпидемиологические риски и ущербы от транспорта в натуральных и денежных показателях, которые не попали «в зону» регулирования рыночными механизмами. Иными словами, на языке экономической теории, не формирует

условия компенсации данного вида ущерба стороной, предлагающей на рынке услуги в сфере перевозочных транспортных процессов. Расчеты по новой методологии осуществлены в настоящем исследовании для прогнозируемых гипотетических условий (сценариев) перспективного планирования и реформирования системы транспортных процессов (на «языке» рыночных отношений – «услуг») для горожан Администрацией Санкт-Петербурга. Денежное выражение ущерба от транспортных ОГ устанавливается отношением денежной оценки издержек (в рублях или Евро) к единице массы соответствующего поллютанта или уровня физического чрезвычайного их действия. Связь транспортных выбросов (веществ) с факторами основного негативного их действия, учитывающая объективные закономерности влияния ОГ на горожан, элементы техносферной инфраструктуры и потепление климата, оценивалась авторами по характеру воздействия с учетом атмосферных процессов (рис. 2).

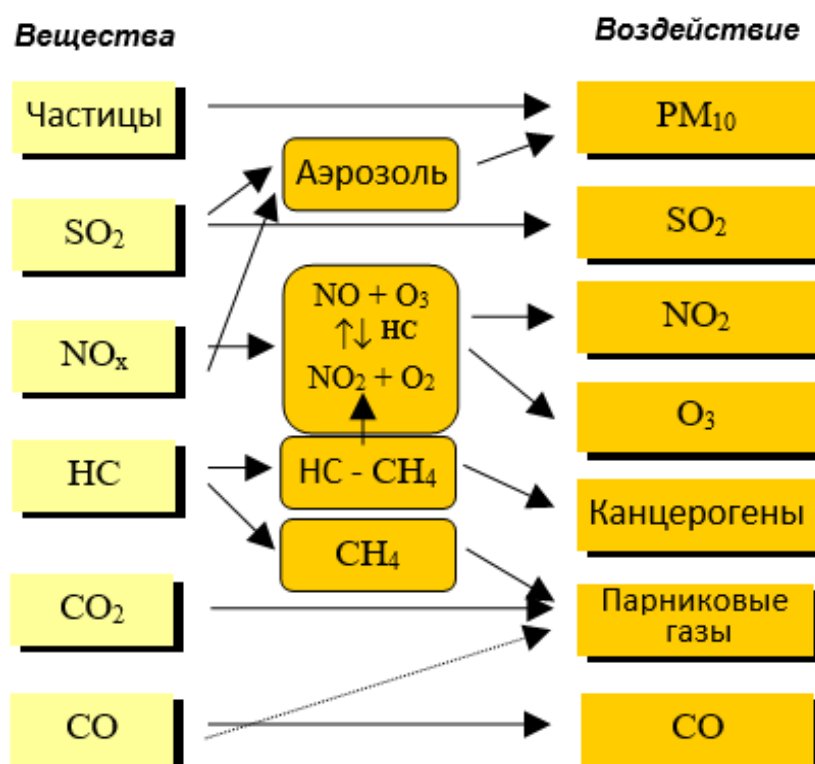


Рис. 2. Связь транспортных выбросов (веществ) с факторами негативного воздействия

Алгоритмизация расчета ущерба производилась с использованием доступных программных продуктов методик «*Copert methodology*» и контроля ожидаемых «некомпенсируемых издержек» от работы основных видов городского транспорта. Последовательность выполнения расчета ущерба от опасных выбросов предполагала четыре этапа калькулирования оценочных действий на основе учета объема движения («транспортной работы»).

На четвертом этапе характеристики ущерба в натуральном выражении переводятся в соответствующие им стоимостные параметры. В последнем действии осуществляется «отслеживание» негативных последствий загрязнения воздушной среды транспортными выбросами (рис. 1). По каждому фактору и процессу негативного воздействия (рис. 2), в целях уточнения степени неопределенности получаемых результатов, расчетные оценки выполнялись для максимального, минимального и среднего уровней значимости факторов.

Результаты исследования

Оценка экологических ущербов осуществлялась путем последовательной организации расчетов:

– годового выброса по методике «*Copert methodology*» для прогнозируемых гипотетических условий (сценариев) перспективного планирования и реформирования системы транспортных процессов;

– ожидаемых «некомпенсируемых издержек» от поллютантов при работе основных видов городского транспорта, «порчи» элементов инфраструктуры и потепления климата как следствие «парникового эффекта».

Исследование выполнялось путем сравнения ситуации, которой характеризовалось состояние транспорта в Санкт-Петербурге на 2010 г., с ожидаемыми ситуациями на 2030 г. в предположении, что в перспективе до 2030 г. в городе сможет реализоваться, в соответствии с широко апробированной в отдельных странах Евросоюза [1, 2, 6] природоохранной стратегией, одно из четырех гипотетических сценарных условий:

1 – работа городского транспорта по заложенным Администрацией Санкт-Петербурга принципам его реформирования по параметрам численности парка, времени эксплуатации и видовой структуре в принятом за «базовый» 2010 г.; с долей автотранспорта на газовом горючем в пределах 1,5–3 %;

2 – при сохранении отмеченных в п. 1 тенденций 2010 г. – увеличение доли автотранспорта на газовом горючем до 30 % с одновременным доведением доли автотранспорта с экологически чистыми двигателями до 54–56 %;

3 – вместе с сохранением базовых тенденций 2010 г. (п. 1) – увеличение доли автотранспорта на газовом горючем до 11 % с одновременным ростом осуществления перевозочного процесса за счет муниципального (общественного) транспорта в пределах 12 % с соответствующим уменьшением перевозок гражданским транспортом;

4 – перевод всего парка эксплуатируемых транспортных средств на автотранспорт с двигателями 6-го экологического класса при обеспечении его топливом соответствующего класса.

Сокращение ущерба по четырем гипотетическим сценариям как вероятных результатов перспективного экологического реформирования транспортных процессов в Санкт-Петербурге на 2030 календарный год показано на рис. 3.

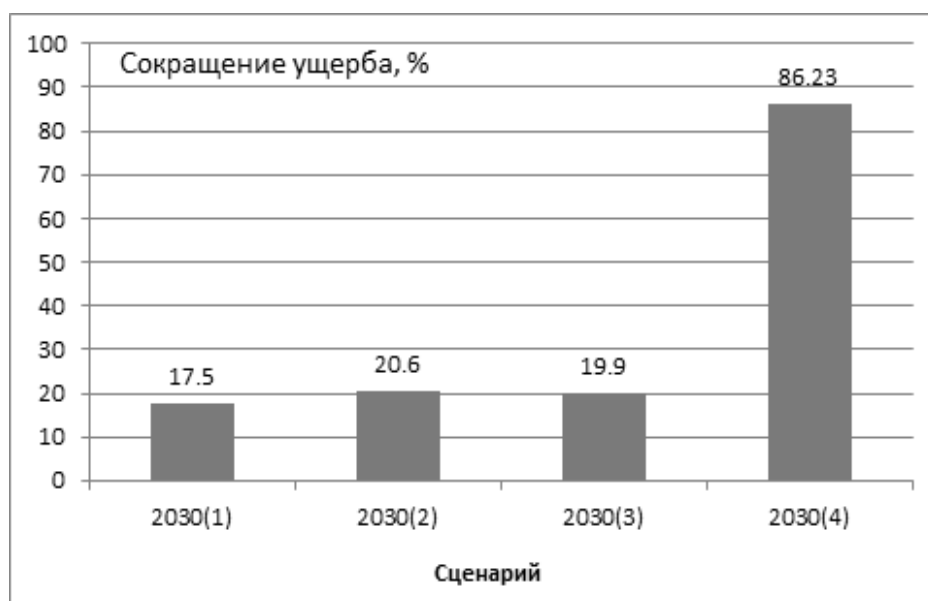


Рис. 3. Сокращение ущерба для четырех сценариев улучшения транспортной ситуации в Санкт-Петербурге на расчетный 2030 г.

Выводы

1. Анализ «зеленых технологий» для уменьшения ущерба от загрязнения воздушной среды Санкт-Петербурга вредными (загрязняющими) веществами транспорта в результате совершенствования транспортных процессов по трем первым сценариям на 2030 календарный год дает основания отдать предпочтение внедрению технологий 4–6 экологических классов (эффективность ~3,4 млрд руб. за год).

2. При сохранении базовых тенденций 2010 г. увеличение доли автотранспорта на газовом горючем до 30 % с одновременным ростом осуществления перевозочного процесса за счет муниципального (общественного) транспорта в пределах 12 % с соответствующим уменьшением перевозок гражданским транспортом позволят дополнительно снизить «внешние издержки» с эффективностью ~1,05 млрд руб. за год.

3. Максимальное сокращение «некомпенсируемых издержек» в транспортном секторе экономики Санкт-Петербурга можно ожидать с реализацией 4 сценария – от перевода всего парка на транспортные средства с двигателями 6-го экологического класса и применения топлива соответствующего им класса: уменьшение ущерба к 2030 г. до 86,2 % (≈245 млн. € в год).

Список источников

1. Life-cycle assessment to guide solutions for the triple planetary crisis / S. Hellweg [et al.] // *Nature reviews earth: & environment: springernature*. 2023. Vol. 4. Iss. 7. P. 471–486. DOI: 10.1038/s43017-023-00449-2.

2. Abatzoglou J.T., Williams A.P., Barbero R. Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices // *Geophysical Research Letters*. 2019. Vol. 46. P. 326–336. DOI: 10.1029/2018GL080959.

3. The Rio Declaration on Environment and Development: from The United Nations Conference on Environment and Development. URL: http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_E.PDF (дата обращения: 16.04.2024).

4. Reduction in population exposure to PM_{2.5} and cancer risk due to PM_{2.5} bound PAHs exposure in Beijing / Yu. Xie [et al.] // *China during the APEC meeting. Environ Pollut*. 2017. Vol. 225. P. 338–345.

5. Kaushik N., Das R.M. Investigation of NO_x and related secondary pollutants at Anand Vihar, one of the most polluted area of Delhi // *URBAN CLIMATE, ELSEVIER*. 2023. Vol. 52. DOI: 10.1016/j.uclim.2023.1017476.

6. 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. Vol. 47. P. 251–264. DOI: 10.1016/j.trd.2016.06.008.

7. Зейнетдинов Р.А. Энергодинамика поршневых двигателей: монография. СПб.: СПбГАУ, 2018. 272 с. ISBN: 978-5-85983-294-1.

8. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Catalytic converter with storage device of exhaust gas heat for city bus // *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 20. P. 412–417. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.067.1.

9. Применение интегрированного расчетно-экспериментального комплекса для разработки и доводки рабочих процессов дизеля с аккумуляторной топливной системой / М.Г. Шатров [и др.] // *Двигателестроение*. 2022. № 1 (287). С. 32–44.

References

1. Life-cycle assessment to guide solutions for the triple planetary crisis / S. Hellweg [et al.] // *Nature reviews earth: & environment: springernature*. 2023. Vol. 4. Iss. 7. P. 471–486. DOI: 10.1038/s43017-023-00449-2.

2. Abatzoglou J.T., Williams A.P., Barbero R. Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices // *Geophysical Research Letters*. 2019. Vol. 46. P. 326–336. DOI: 10.1029/2018GL080959.

3. The Rio Declaration on Environment and Development: from The United Nations Conference on Environment and Development. URL: http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_E.PDF (data obrashcheniya: 16.04.2024).

4. Reduction in population exposure to PM_{2.5} and cancer risk due to PM_{2.5} bound PAHs exposure in Beijing / Yu. Xie [et al.] // *China during the APEC meeting*. *Environ Pollut*. 2017. Vol. 225. P. 338–345.

5. Kaushik N., Das R.M. Investigation of NO_x and related secondary pollutants at Anand Vihar, one of the most polluted area of Delhi // *URBAN CLIMATE, ELSEVIER*. 2023. Vol. 52. DOI: 10.1016/j.uclim.2023.1017476.

6. 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. Vol. 47. P. 251–264. DOI: 10.1016/j.trd.2016.06.008.

7. Zejnetdinov R.A. *Energodinamika porshnevnyh dvigatelej: monografiya*. SPb.: SPbGAU, 2018. 272 s. ISBN: 978-5-85983-294-1.

8. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Catalytic converter with storage device of exhaust gas heat for city bus // *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 20. P. 412–417. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.067.1.

9. Primenenie integrirovannogo raschetno-eksperimental'nogo kompleksa dlya razrabotki i dovodki rabochih processov dizelya s akkumulyatornoj toplivnoj sistemoj / M.G. Shatrov [i dr.] // *Dvigatelistroenie*. 2022. № 1 (287). S. 32–44.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 21.05.2024; одобрена после рецензирования: 02.06.2024; принята к публикации: 06.06.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 21.05.2024; approved after review: 02.06.2024; accepted for publication: 06.06.2024

Сведения об авторах:

Ложкин Владимир Николаевич, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, профессор, e-mail: vnlojkin@yandex.ru, SPIN-код: 9496-2451

Калимуллина Ирина Фирузовна, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ira-golondrina@mail.ru

Сагиров Эдуард Анасович, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sagirovedik@mail.ru

Information about the authors:

Lozhkin Vladimir N., professor of the department of fire, rescue equipment and automobile economy of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, professor, e-mail: vnlojkin@yandex.ru, SPIN: 9496-2451

Kalimullina Irina F., adjunct of the faculty of training highly qualified personnel of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: ira-golondrina@mail.ru

Sagirov Eduard A., adjunct of the faculty of training highly qualified personnel of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: sagirovedik@mail.ru