

УДК 504.064.2.001.18

**Горшкова Ирина Анатольевна**

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I»  
Россия, Санкт-Петербург<sup>1</sup>  
Кандидат технических наук, доцент  
E-Mail: gian57@mail.ru

**Макарова Ольга Юрьевна**

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I»  
Россия, Санкт-Петербург  
Кандидат технических наук, доцент  
E-Mail: o.macarova@mail.ru

## **Анализ загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспортных средств в условиях сложившейся градостроительной ситуации в центральной части Санкт-Петербурга**

**Аннотация.** В работе проведен анализ влияния автотранспортных средств на состояние атмосферного воздуха в условиях застройки центральной части города на территории Центрального района Санкт-Петербурга.

Для этого экспериментальным путем определен количественный состав автотранспортных средств, проезжающих по Невскому и Литейному проспектам; рассчитаны массовые выбросы оксида углерода (II), оксидов азота в пересчете на оксид азота (IV), оксида серы (IV), сажи и углеводородов для различных типов автотранспорта и периодов времени; построены карты рассеивания загрязняющих веществ на Невском и Литейном проспектах и проведен их анализ.

Установлено, что на центральных автомагистралях Санкт-Петербурга сложилась катастрофическая ситуация, обусловленная колоссальным количеством проходящих по ним автотранспортных средств. Массовый выброс загрязняющих веществ, характеризующий данные передвижные источники, составляет порядка тысячи тонн в год. Концентрации загрязняющих веществ превышают нормативы среднесуточных и среднегодовых предельно допустимых концентраций для исследованных веществ. По оксидам азота в пересчете на оксид азота (IV) наблюдается превышение предельно допустимой концентрации в несколько раз. Сложившаяся ситуация является абсолютно недопустимой и требует проведения мероприятий по повышению качества атмосферного воздуха.

**Ключевые слова:** городская застройка; автотранспортные средства; легковой автотранспорт; грузовой автотранспорт; автобусы; атмосферный воздух; массовый выброс; загрязняющие вещества; состав автотранспорта; рассеивание загрязняющих веществ; концентрация загрязнителей.

Идентификационный номер статьи в журнале 08TVN414

---

<sup>1</sup> 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Усиливающееся негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду является одной из актуальных проблем современного общества, требующей самого быстрого решения.

Автомобильный транспорт представляет собой один из основных источников загрязнения воздушной среды. Потребляя атмосферный кислород, он выбрасывает в воздушную среду продукты окисления топлива, ухудшая качество атмосферного воздуха.

Кроме продуктов полного и неполного окисления топлива, состоящих из оксида углерода II, оксида углерода IV, оксида серы IV, оксидов азота, углеводородов, сажи, в выбросах автотранспорта содержатся пары топлива, продукты износа шин и тормозных накладок [1]. По данным [2,3], в «усредненном» автомобильном выбросе содержится, примерно, 400 мг/м<sup>3</sup> парафиновых, 120 мг/м<sup>3</sup> ацетиленовых, 300 мг/м<sup>3</sup> олефиновых и 200 мг/м<sup>3</sup> ароматических углеводородов. Ароматические углеводороды содержат в большом количестве очень токсичные полициклические соединения [4]. Выбросы автомобильных двигателей, работающих на этилированном бензине, являются основным источником диоксинов и свинца [5].

Интенсивное функционирование транспортных и промышленных объектов обеспечивает поступление в атмосферный воздух такого количества токсичных веществ, которое не может быть разбавлено естественным путем до допустимого уровня концентраций. Вследствие этого происходит накопление токсичных веществ в атмосферном воздухе. Наличие городской застройки препятствует быстрому рассеиванию загрязнений в воздухе и, тем самым, усугубляет ситуацию.

Улично-дорожная сеть связывает в единую транспортную структуру жилые, промышленные, административные районы и служит для движения городского транспорта и пешеходов, а также для размещения зданий и других элементов оборудования и благоустройства. Улицу образует все, что расположено между границами застройки, - проезжая часть, тротуары, полосы зеленых насаждений и т.д. Каждая городская улица представляет собой неорганизованный линейный источник выбросов отработавших газов автомобилей [6].

Уровень загазованности воздушной среды в районе автомагистралей и территорий, находящихся рядом, зависит от интенсивности движения автомобилей, ширины и рельефа улицы, скорости ветра, доли грузового транспорта и автобусов в общем потоке и других факторов. Какими бы ни были эти факторы, загазованность воздуха в городской черте существует постоянно и оказывает резко негативное воздействие на каждого жителя города [7,8].

В районах со сложившейся переуплотненной застройкой, которой характеризуется центр Санкт-Петербурга, экологическая ситуация еще более усложняется.

Для определения влияния автотранспортных средств на состояние атмосферного воздуха в условиях плотной исторической застройки был выбран Центральный район Санкт-Петербурга. На его территории:

- экспериментальным путем был определен количественный состав автотранспортных средств, проезжающих по основным магистралям Центрального района Санкт-Петербурга – Невскому и Литейному проспектам [9];
- для данного состава автотранспортных средств по методике [10] рассчитаны массы выбросов загрязняющих веществ, характерных для отработавших газов

автотранспортных средств (оксид углерода (II), оксиды азота в пересчете на оксид азота (IV), оксид серы (IV), сажа и углеводороды) за различные периоды времени;

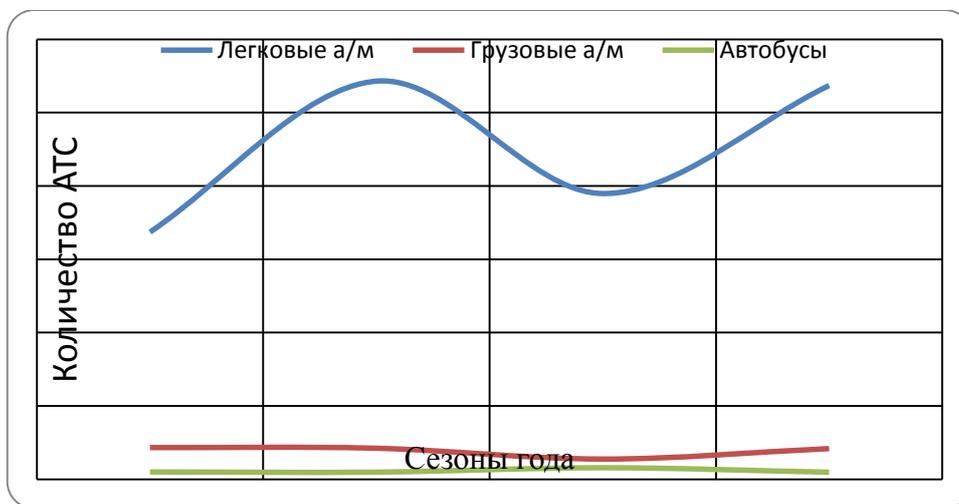
- с помощью унифицированной программы «УПРЗА-Эколог» построены карты рассеивания перечисленных загрязнений в атмосферном воздухе Центрального района.

Результаты подсчета автотранспортных средств свидетельствуют о том, что в общей сумме преобладают легковые автомашины, примерно, 7-10 млн. ед. за год, что составляет около 90%. Из легковых автомобилей 75-80 % приходится на машины с объемом двигателя 1,3-1,8 л. Количество малолитражек с объемом двигателя менее 1,3 л, проходящих по основным магистралям Центрального района, незначительно и сопоставимо с количеством мощных автомобилей с объемом двигателя 1,8-3,5 л.

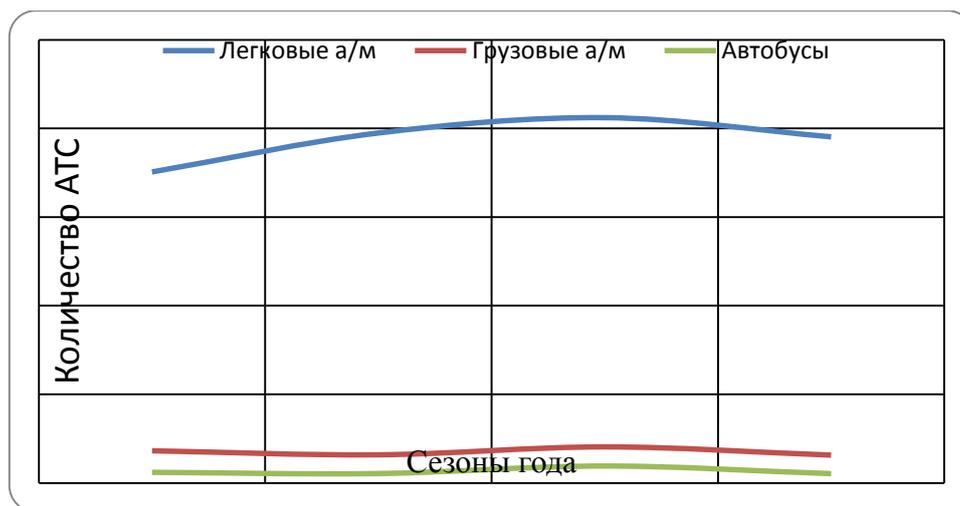
К грузовым автомобилям, имеющим право проезжать в центре города, относятся грузовики небольших габаритов с грузоподъемностью 2 – 3 тонн, развозящие товарную продукцию, а также автомобили с грузоподъемностью до 2 тонн – Газели. Их количество меньше числа легковых автомобилей на 1-1,5 порядка.

Среди автобусов, проезжающих по улицам Центрального района, преобладают автобусы типа «ЛИАЗ» с длиной корпуса 7,5 – 9,5 м и микроавтобусы с длиной корпуса менее 5 метров.

При анализе распределения числа автотранспортных средств по сезонам года можно отметить следующее. На ряде участков исследуемых магистралей количество легкового автотранспорта максимально в весенний и осенний периоды (рисунок 1), на остальных участках – в летний период (рисунок 2).



**Рис. 1.** Распределение количества автотранспортных средств, проезжающих на участке Невского проспекта в течение суток, по сезонам года



**Рис. 2.** Распределение количества автотранспортных средств, проезжающих на участке Литейного проспекта в течение суток, по сезонам года

В зимний период количество легкового автотранспорта на всех участках минимально, причем разница не превышает 60%.

В отношении грузового автотранспорта проследить какую-либо зависимость невозможно.

Количество автобусов, практически, на всех участках максимально в летний период, минимально весной и осенью.

Если сравнить структуру автотранспортного потока на Невском проспекте и структуру потока на Литейном, то можно сказать, что она примерно, одинаковая: 88-90% - легковые автомобили; 6-8% -грузовой автотранспорт; 4 % - автобусы.

В таблице 1 представлены результаты расчета массовых выбросов загрязняющих веществ различными типами автотранспортных средств за год.

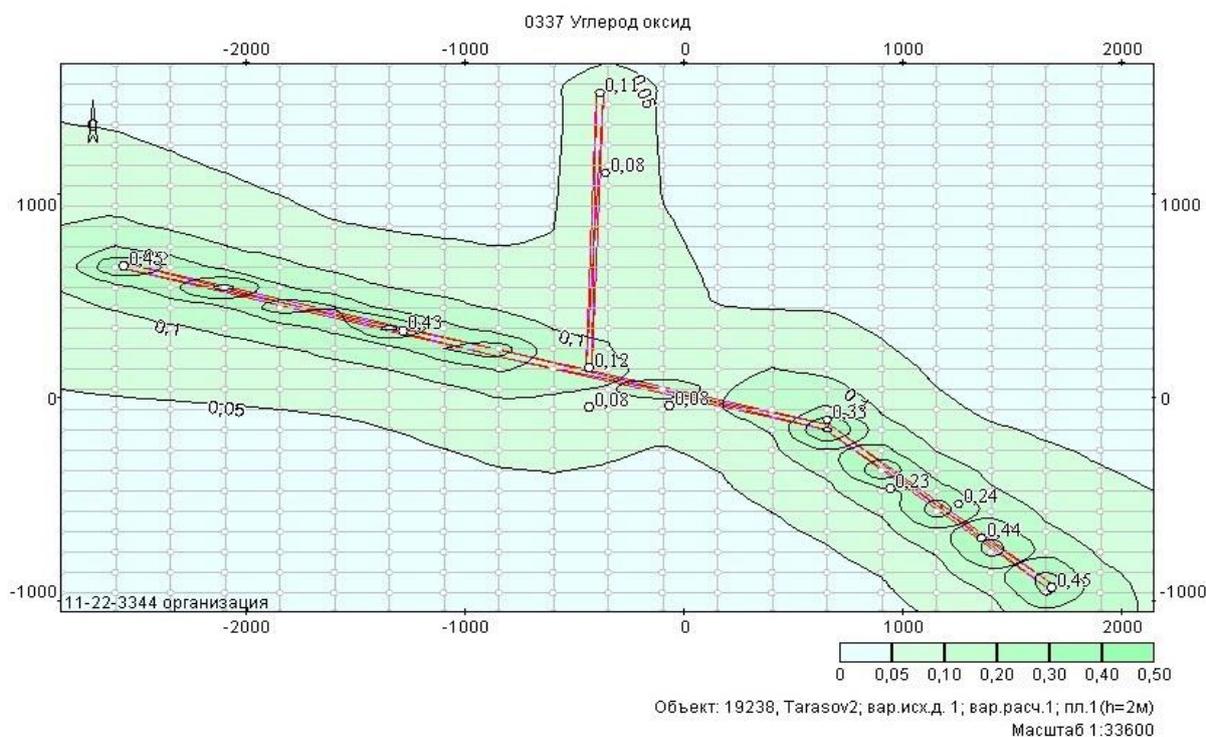
**Таблица 1**

**Массовые выбросы загрязняющих веществ автотранспортными средствами на Невском и Литейном проспектах**

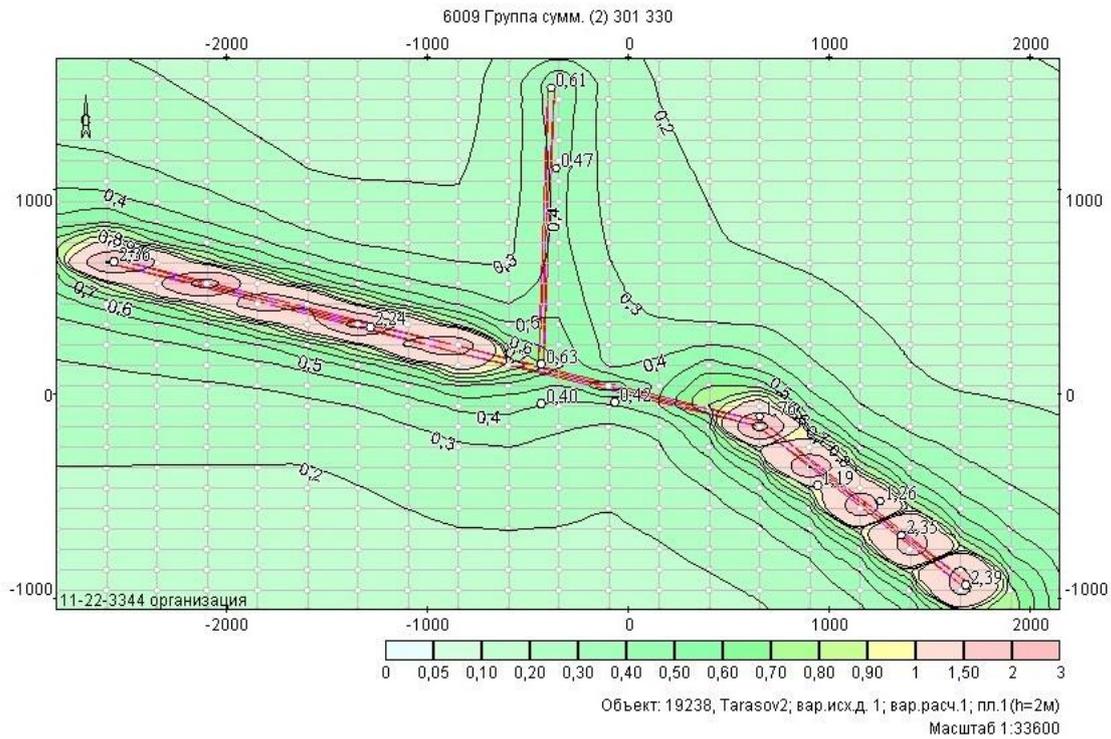
Вещество	Массовый выброс, т/год				
		Легковые а/м	Грузовые а/м	Автобусы	Всего
оксид углерода (II)	Невский проспект	600,5	74,1	66,7	741,3
углеводороды		105,1	9,7	6,0	120,8
оксид азота (IV)		47,9	5,1	10,9	63,9
сажа		-	0,1	0,6	0,7
оксид серы (IV)		3,0	0,7	0,2	3,9
Итого:		756,5	89,7	84,4	930,6
оксид углерода (II)	Литейный проспект	230,8	35,1	26,3	292,2
углеводороды		48,8	5,7	2,3	56,8
оксид азота (IV)		20,2	2,8	5,4	28,4
сажа		-	0,1	0,3	0,4
оксид серы (IV)		1,4	0,5	0,1	2,0
Итого:		301,2	44,2	34,4	379,8

Полученные авторами результаты свидетельствуют о том, что годовая суммарная величина массы выбросов загрязняющих веществ, выделяемых автотранспортными средствами на двух магистралях Центрального района, составляет около 1310 т, из них 1033 т оксида углерода (II), 177 т углеводородов, 92 т оксидов азота, 1,2 т сажи, 5,9 т оксида серы (IV). Основным источником загрязнения оксидом углерода (II), углеводородами, оксидами азота и оксидом серы (IV) является легковой автотранспорт. Источниками сажи являются грузовые автомашины и автобусы, причем массовый выброс сажи автобусов в несколько раз превышает этот показатель у грузовиков. При допуске того, что, примерно, половина автомобилей оснащена действующими каталитическими нейтрализаторами, в воздушную среду попадает около 700 т загрязняющих веществ. Выброс такой массы загрязнений в течение года в атмосферный воздух только на двух автомагистралях является абсолютно недопустимым и требует разработки и внедрения конкретных мероприятий для его устранения. Распределение массы выбросов загрязняющих веществ по сезонам года пропорционально соотношению количества автотранспортных средств для данных временных периодов.

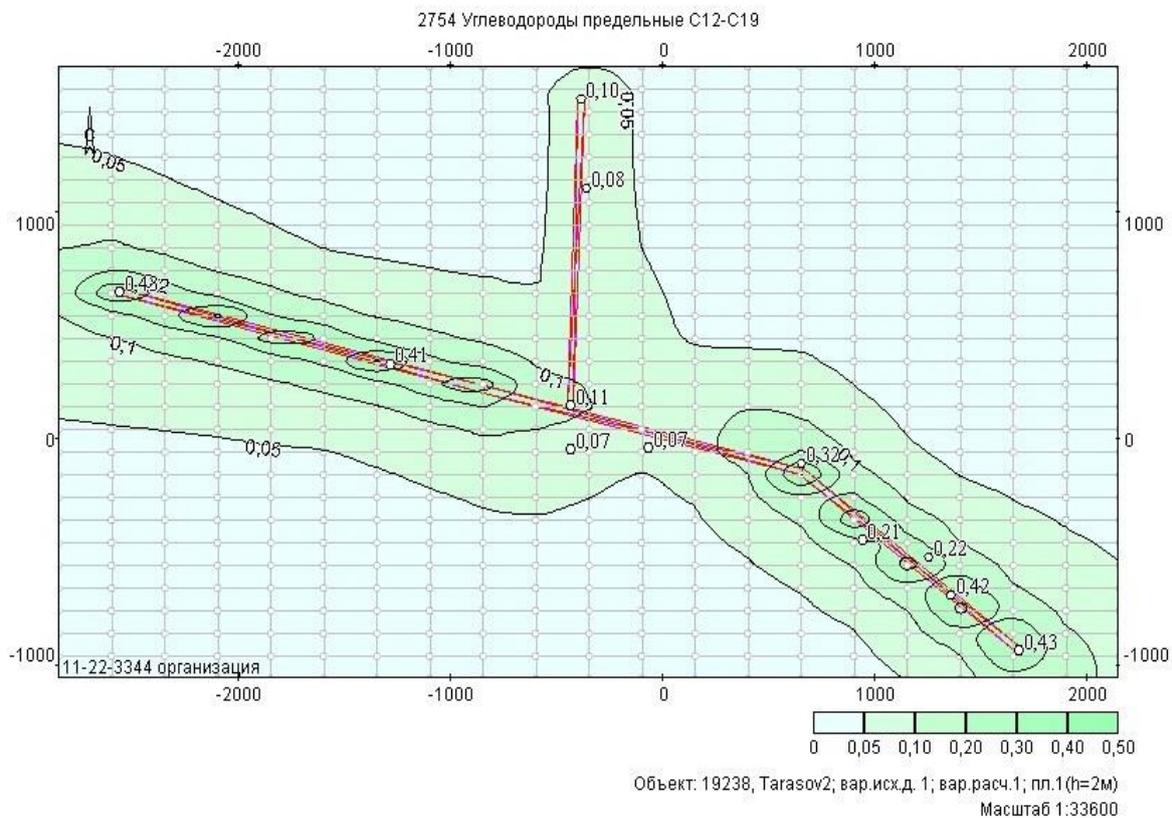
На рисунках 3-5 приведены карты рассеивания оксида углерода II, оксида азота IV и оксида серы IV, обладающих эффектом суммации, и предельных углеводородов.



**Рис. 3.** Карта рассеивания оксида углерода (II) на Невском и Литейном проспектах



*Рис. 4. Карта рассеивания загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации (оксид азота (IV) оксид серы (IV)), на Невском и Литейном проспектах*



*Рис. 5. Карта рассеивания предельных углеводородов на Невском и Литейном проспектах*

Анализ рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе позволяет утверждать, что в зоне жилой застройки, которая в этом районе города максимально приближена к автомагистралям, концентрации рассматриваемых загрязнений находятся на уровне десятых долей максимально разовой предельно допустимой концентрации (ПДК<sub>м.р.</sub>) и выше. На отдельных участках Невского проспекта наблюдается превышение ПДК<sub>м.р.</sub> оксидов азота более чем в два раза.

Таким образом, на центральных автомагистралях Санкт-Петербурга сложилась катастрофическая ситуация, обусловленная колоссальным количеством проходящих по ним автотранспортных средств. Массовый выброс загрязняющих веществ, характеризующий данные передвижные источники, составляет порядка тысячи тонн в год. Концентрации загрязняющих веществ находятся на уровне десятых долей ПДК<sub>м.р.</sub> По оксидам азота в пересчете на оксид азота (IV) наблюдается превышение ПДК<sub>м.р.</sub> в несколько раз.

В то же время для атмосферного воздуха населенных мест установлены следующие экологические стандарты на содержание оксидов азота: для оксида азота (IV) максимальная разовая предельно допустимая концентрация составляет 0,2 мг/м<sup>3</sup>, а среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК<sub>с.с.</sub>) – 0,04 мг/м<sup>3</sup>; для оксида азота (II) ПДК<sub>м.р.</sub> = 0,4 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>с.с.</sub> = 0,06 мг/м<sup>3</sup>. Так как ПДК<sub>м.р.</sub> превышает ПДК<sub>с.с.</sub> в 2- 7 раз, то можно заключить, что состояние воздуха приземной зоны на территории Невского и Литейного проспектов не отвечает гигиеническим нормативам и представляет опасность для жителей города.

Сложившаяся ситуация является абсолютно недопустимой и требует проведения мероприятий по повышению качества атмосферного воздуха. К подобным мероприятиям можно отнести совершенствование систем питания автомобилей, зажигания двигателей внутреннего сгорания, повышение качества моторных топлив, отказ от использования присадок в бензине, снижение содержания в дизельном топливе серы и ароматических углеводородов, использование рециркуляции и нейтрализации отработавших газов и др. Наиболее легко осуществимыми мероприятиями являются: рациональная организация транспортных потоков, ограничение доступа автомобилей в центральные районы города и организация перехватывающих парковок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Леванчук А.В. Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильных дорог//Интернет-журнал «Науковедение», 2014 №1 (20) [Электронный ресурс]-М.: Науковедение, 2014 -.- Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN114.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
2. Другов Ю.С. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха: Практическое руководство / Ю.С.Другов, А.А. Родин.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 528 с.
3. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей.-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 376 с., ил.
4. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. – М.: Высшая школа, 2003.- 273с.
5. Карминский В.Д., Колесников В.И., Жданов Ю.А., Гарин В.М. Экологические проблемы и энергосбережение: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.Д.Карминского. – М.:Маршрут, 2004. – 592с.
6. Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Башкетова Н.С. Количественная характеристика уровня загрязнения окружающей среды автомобильно-дорожным комплексом // «Приоритеты профилактического здравоохранения в устойчивом развитии общества: состояние и пути решения проблем». Материалы пленума научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РФ. М: 2013. – 209-211 с.
7. Леванчук А.В., Мингулова И.Р., Копытенкова О.И. Методические подходы к количественной оценке взвешенных веществ, поступающих в окружающую среду при эксплуатации транспортно-дорожного комплекса.//Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития. Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т.1. №3.
8. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Мингулова И.Р., Гигиеническая характеристика химического загрязнения окружающей среды в процессе эксплуатации транспортно-дорожного комплекса. // Профилактическая и клиническая медицина. 2012. №3. с. 87
9. Горшкова И.А., Макарова О.Ю. Оценка выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами на участке автомагистрали // Периодический закон Д.И. Менделеева в современных трудах ученых транспортных вузов. Сборник научных трудов. СПб: ПГУПС, 2009. – с. 44-45.
10. Горшкова И.А., Панин А.В. Анализ выбросов автотранспортных средств на участке автомагистрали. / Методические указания.-СПб:ПГУПС.2008.-26с.

**Рецензент:** Титова Тамила Семеновна профессор, доктор технических наук, Россия, Санкт-Петербург, ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВПО ПГУПС).

**Irina Gorshkova**

PetersburgStateTransportUniversity  
Russia, St. Petersburg  
E-Mail: gian57@mail.ru

**Olga Makarova**

PetersburgStateTransportUniversity  
Russia, St. Petersburg  
E-Mail: o.makarova@mail.ru

**Analysis of atmospheric air pollution by emissions from motor vehicles under the conditions of a town-planning situation in the Central part of Saint-Petersburg**

**Abstract.** In work the analysis of influence of motor transport on the state of atmospheric air in the development of the Central part of the city on the territory of the Central district of St. Petersburg.

For this experimentally determined quantitative composition of vehicles passing along Nevsky and Liteiny Avenue; calculation of the mass emissions of carbon oxide (II), oxides of nitrogen in recalculation to nitrogen oxide (IV), sulphur oxide (IV), soot and hydrocarbons for different vehicle types and periods of time; maps of pollutant dispersion on Nevsky and Liteiny and their analysis.

It is established that on the Central streets of St. Petersburg catastrophic situation, because of the vast amount of vehicles. Mass emissions of pollutants that characterize these mobile sources, is about a thousand tons per year. Concentrations of pollutants exceeds the average daily and average annual norms of maximum permissible concentrations of the substances under study. For oxides of nitrogen in recalculation to nitrogen oxide (IV) there is an excess of maximum permissible concentration several times. This situation is totally unacceptable and requires measures to improve air quality.

**Keywords:** urban planning; motor vehicles; cars; trucks; buses; atmospheric air; mass ejection; contaminants; the combination of vehicles; the spreading of contaminants; concentration of pollutants.

Identification number of article 08TVN414

## REFERENCES

1. Levanchuk A.V. Zagrzaznenie okruzhajushhej sredy produktami jekspluatacionnogo iznosa avtomobil'nyh dorog//Internet-zhurnal «Naukovedenie», 2014 №1 (20) [Elektronnyj resurs]-M.: Naukovedenie, 2014 -.- Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN114.pdf>, svobodnyj. – Zagl. s jekrana. - Jaz. rus., angl.
2. Drugov Ju.S. Gazohromatograficheskij analiz zagrzaznennogo vozduha: Prakticheskoe rukovodstvo / Ju.S.Drugov, A.A. Rodin.- M.: BINOM. Laboratorija znanij, 2006. – 528 s.
3. Markov V.A., Bashirov R.M., Gabitov I.I. Toksichnost' otrabotavshih gazov dizelej.- 2-e izd., pererab. i dop.- M.: Izd-vo MGTU im. Baumana, 2002. – 376 s., il.
4. Lukanin V.N., Trofimenko Ju.V. Promyshlenno-transportnaja jekologija. – M.: Vysshaja shkola, 2003.- 273s.
5. Karminskij V.D., Kolesnikov V.I., Zhdanov Ju.A., Garin V.M. Jekologicheskie problemy i jenergosberezhenie: Uchebnoe posobie dlja vuzov / Pod red. V.D.Karminskogo. – M.:Marshrut, 2004. – 592s.
6. Levanchuk A.V., Kopytenkova O.I., Bashketova N.S. Kolichestvennaja harakteristika urovnja zagrzaznenija okruzhajushhej sredy avtomobil'no-dorozhnym kompleksom // «Prioritety profilakticheskogo zdravoohraneniya v ustojchivom razvitii obshhestva: sostojanie i puti reshenija problem». Materialy plenuma nauchnogo soveta po jekologii cheloveka i gigiene okruzhajushhej sredy RF. M: 2013. – 209-211 s.
7. Levanchuk A.V., Mingulova I.R., Kopytenkova O.I. Metodicheskie podhody k kolichestvennoj ocenke vzveshennyh veshhestv, postupajushhih v okruzhajushhuju sredu pri jekspluacii transportno-dorozhnogo kompleksa.//Nauchnye issledovanija i ih prakticheskoe primenenie. Sovremennoe sostojanie i puti razvitija. Sbornik nauchnyh trudov SWorld. 2012. T.1. №3.
8. Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V., Mingulova I.R., Gigienicheskaja harakteristika himicheskogo zagrzaznenija okruzhajushhej sredy v processe jekspluacii transportno-dorozhnogo kompleksa. // Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina. 2012. №3. s. 87
9. Gorshkova I.A., Makarova O.Ju. Ocenka vybrosov zagrzaznjajushhih veshhestv avtotransportnymi sredstvami na uchastke avtomagistrali // Periodicheskij zakon D.I. Mendeleeva v sovremennyh trudah uchenykh transportnyh vuzov. Sbornik nauchnyh trudov. SPb: PGUPS, 2009. – s. 44-45.
10. Gorshkova I.A., Panin A.V. Analiz vybrosov avtotransportnyh sredstv na uchastke avtomagistrali. / Metodicheskie ukazaniya.-SPb:PGUPS.2008.-26s.