

Исследование загрязнения мелкодисперсной пылью воздуха придорожных территорий

А.Н. Васильев¹, А.Л. Гараев², Р.С. Кагреев³, Е.Ю. Козловцева¹,

¹Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

²ООО Инженерный центр «Энергопрогресс», Казань

³Аварийно-спасательное формирование «Экоспас», Волгоград

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы, связанные с определением характеристик твердых взвешенных частиц в воздухе придорожных территорий. Мелкодисперсные твердые взвешенные частицы (ТВЧ) разного размера –10 и 2.5 мкм являются одними из основных характеристик качества атмосферного воздуха. Частицы пыли, которые образуются при функционировании транспортно-дорожного комплекса, представляют собой особый интерес, поскольку во всем мире увеличивается число автомобилей, и как следствие, количество выбросов, возрастает число частиц от истирания шин и износа дорожного покрытия. Проведены исследования запыленности придорожных территорий города Волгограда. В статье также уделено внимание индексам качества воздуха, которые применяются при проведении мониторинга воздушной среды городских территорий.

Ключевые слова: автотранспорт, пыль, дорожная пыль, твердые взвешенные частицы, PM2.5, PM10, атмосфера, воздушная среда, экология, экология урбанизированных территорий, экологическая безопасность.

Одним из главных факторов обеспечения функционирования производственных сил и жизнедеятельности населения является транспортно-дорожный комплекс (ТДК). В процессе урбанизации наблюдается рост интенсивности движения и числа автомобилей. Функционирование ТДК сопровождается отрицательным воздействием на городскую среду, в первую очередь на качество воздуха и воды. Особо острой является проблема загазованности и запыленности там, где автомагистрали расположены вблизи селитебной зоны - концентрации мелкодисперсной пыли возрастают. Частицы дорожной пыли попадают в воздушную среду помещений жилых домов, образовательных учреждений, торговых центров и другие здания, расположенные рядом с автомагистралями. Выбросы без выхлопных газов также будут важны в будущем, даже если автопарк будет полностью электрифицирован [1].

Пылевые частицы на автомагистралях и на придорожных территориях образуются по 6 причинам: истирание дорожного покрытия, истирание автомобильных шин, выхлопные газы, износ деталей автомобиля, дорожные ремонтно-строительные работы, эрозия придорожных почв. Согласно [2] на дорожном полотне формируются процессы выноса и вноса частиц. Вынос частиц формируется физическими факторами: ветер и движение воздушных масс. Внос частиц – образование частиц отработанных газов, истирание шин, дорожного покрытия и другие. В работе [3] анализируется процесс пылевыведения от проезда автомобильного транспорта по дорожным покрытиям различных типов.

Усиленное и чаще всего неравномерное истирание дорожного покрытия и шин зависит от динамики движения и наблюдается на участках торможения автомобилей, на спусках, перед кривыми, в населенных пунктах, перед перекрестками и на участках с интенсивным тяжелым движением. Около 90% частиц, образующихся при истирании тормозных колодок автомобилей, имеет размер $< 2,5$ мкм [4].

Частицы дорожной пыли находятся в турбулентном потоке и имеют аэродинамический диаметр от нескольких нанометров до десятков мкм [5,6].

Для целей интегральной оценки степени загрязнения атмосферы в мире используется показатель – индекс качества воздуха (AQI), в России и других странах СНГ наряду с AQI используется комплексный показатель — индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Индекс качества атмосферного воздуха позволяет предоставить информацию о загрязнении воздуха общественности в простой и наглядной форме. Расчет ИЗА основывается на том, что при значениях на уровне ПДК все вредные вещества одинаково оказывают влияние на человека, а при дальнейшем увеличении концентрации степень их вредности возрастает с различной скоростью, которая зависит от класса опасности вещества.

Однако данные показатели не учитывают такой фактор, как транспортная нагрузка. Для оценки воздействия транспортной нагрузки на значение индекса AQI авторами были использованы данные индекса TomTom, разработанного компанией «TomTom» для более 400 городов в 57 странах на 6 континентах на основе информации с GPS навигации и учитывающего загруженность улиц, и данные индекса AQI на основе сервисов [7,8] (таблица 1). Воздействие этого фактора (транспортная нагрузка) проявляется в городах Европы и Северной Америки достаточно явно.

Таблица 1

Значения индекса AQI в атмосферном воздухе городов с разной численностью населения и транспортной нагрузки

№	Численность населения городов	Число городов	AQI Среднее значение индекса	Средняя транспортная нагрузка по данным индекса TomTom
1	Более 8 млн. (Мегаполисы: Мумбаи, Москва, Нью-Дели, Стамбул и др.)	28	76	44%
2	Более 800 тыс. (Крупные города: Дублин, Одесса, Самара, Париж и др.)	207	45	30%
3	Менее 800 тыс. (Малые города: Краков, Люксембург, Лиссабон и др.)	209	29	23%

Авторами статьи были проведены исследования придорожных территорий городской среды г. Волгограда. Важность вопроса загрязнения городской среды мелкодисперсными частицами подчеркнута в работах [9-12]. Для исследования были выбраны 50 точек измерения на различных перекрестках города с различной интенсивностью движения автомобилей. Для выполнения измерений использовался прибор – ручной счетчик частиц HANDHELD 3016 IAQ (США). ТРМ- концентрация частиц всех фракций, общая концентрация).

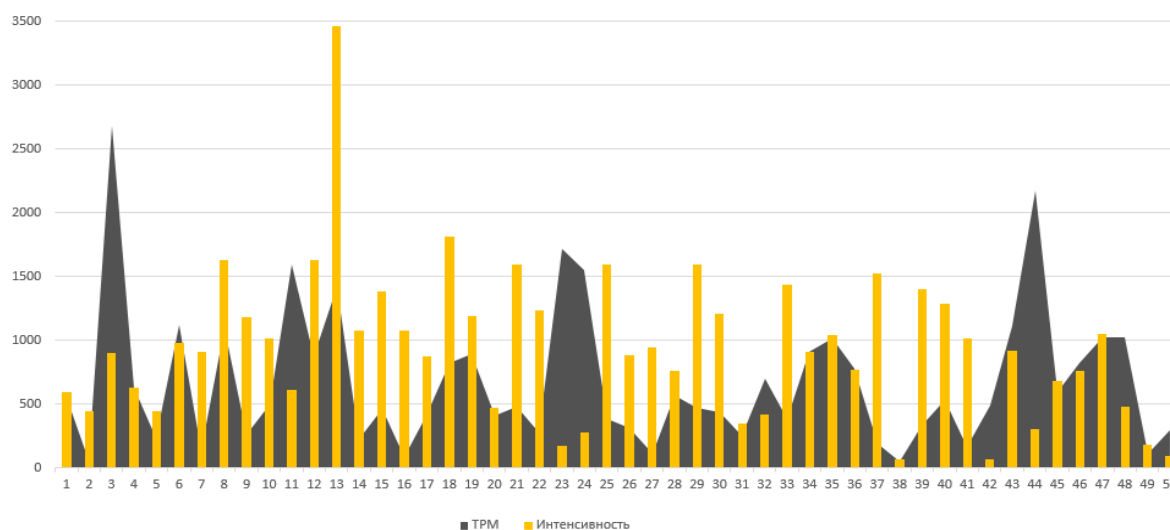


Рис. 1. - Наложение диаграммы приведенной интенсивности движения на диаграмму значений ТРМ

Из рис. 1 следует, что диаграммы имеют характерные пики и провалы значений приведенной интенсивности движения и концентрации пыли в воздухе, что позволяет проследить зависимость степени загрязнения воздуха от интенсивности движения автомобильного транспорта. К примеру, точка под номером 2 обладает низкой интенсивностью движения и находится на значительном удалении от основных городских магистралей, так же как и точка под номером 38 (находится в 5 км от сильно загруженной 2 продольной магистрали), поэтому на данных точках зафиксированы минимальные значения. Точки, в которых значения интенсивности движения

автотранспорте достаточно велики, например, 13, 18, 35, 47, регистрируются значительно большие значения ТРМ.

Результаты позволяют сделать вывод о том, что распределение частиц пыли на придорожных территориях Волгограда неоднородно, в зависимости от географического положения точек, но наблюдается тесная взаимосвязь концентраций и интенсивности движения автотранспорта.

Список литературы

1. Timmers, V.R.J.H., Achten, P.A.J. Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmos. Environ.* 134, 2016. pp. 10–17. URL: doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.017.
2. Марченко М.А., Ложкин В.Н., Невмержицкий Н.В. О решении обратной задачи моделирования опасного воздействия частиц PM_{2.5} и PM₁₀ в окрестности автомагистрали // Снижение рисков и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. Обеспечение безопасности при ЧС. Выпуск 2, 2015. С. 13-23.
3. Графкина М.В., Азаров А.В., Добринский Д.Р., Тихонова М.М. Анализ негативного воздействия на элементы экосистемы в процессе пылевыведения от проезда автомобильного транспорта по дорожным покрытиям различных типов // Успехи современной науки. - Белгород: 2016. Т. 8. № 12. С. 142-147.
4. Iijima A., Sato K., Yano K. et al. Particle size and composition distribution analysis of automotive brake abrasion dusts for the evaluation of antimony sources of airborne particulate matter. *Atmospheric Environment*, 2007, V. 41, pp. 4908–4919.
5. Azarov V.N., Stefanenko I.V., Karapuzova N.Yu., Nikolenko D.A., Kozlovtseva E.Yu. Monitoring of Fine Dust Pollution of Urban Air Nearby

Highways // International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.). - 2018. - Vol. 12, N. 8. - pp. 657-662.

6. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. М.: Наука, 1981. 175 с.
 7. World Air Quality Index Sitemap. URL: aqicn.org/map/world/ru
 8. TomTom Traffic Index. URL: tomtom.com
 9. Азаров В.Н., Ребров В.А., Козловцева Е.Ю., Азаров А.В., Добринский Д.Р., Тертишников И.В., Поляков И.В., Абухба Б.А. О совершенствовании алгоритма компьютерной программы анализа дисперсного состава пыли в воздушной среде // Инженерный вестник Дона, 2018, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4976.
 10. Азаров, В.Н., Кошкарев С.А., Николенко М.А. Снижение выбросов систем обеспыливания с использованием дисперсионного анализа пыли в стройиндустрии // Инженерный вестник Дона, 2015, № 1, ч. 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2838.
 11. Goel, A., Kumar, P. Characterisation of nanoparticle emissions and exposure at traffic intersections through fast-response mobile and sequential measurements, Atmospheric Environment, 2015, V. 107, pp. 374-390. URL: doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.02.002.
 12. Federico Karagulian, Claudio A. Belis, Carlos Francisco C. Dora, Annette M. Prüss-Ustün, Sophie Bonjour, Heather Adair-Rohani, Markus Amann, Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level, Atmospheric Environment, Volume 120, 2015, Pages 475-483.
- References**
1. Timmers, V.R.J.H., Achten, P.A.J. Atmos. Environ. 134, 2016. pp. 10–17. URL: doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.017.
-

2. Marchenko M.A., Lozhkin V.N., Nevmerzhitskiy N.V. Snizheniye riskov i likvidatsiya posledstviy chrezvychaynykh situatsiy. Obespecheniye bezopasnosti pri CHS. Vypusk 2, 2015. pp. 13-23.

3. Grafkina M.V., Azarov A.V., Dobrinskiy D.R., Tikhonova M.M. Uspekhi sovremennoy nauki. Belgorod, 2016. T. 8. № 12. pp. 142-147.

4. Iijima A., Sato K., Yano K. et al. Atmospheric Environment, 2007, V. 41, pp. 4908–4919.

5. Azarov V.N., Stefanenko I.V., Karapuzova N.Yu., Nikolenko D.A., Kozlovtseva E.Yu. International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.), 2018, Vol. 12, N. 8, pp. 657-662.

6. Mednikov Ye.P. Turbulentnyy perenos i osazhdeniye aerorozley [Turbulent transport and deposition of aerosols]. M.: Nauka, 1981. 175 p.

7. World Air Quality Index Sitemap. URL: aqicn.org/map/world/ru

8. TomTom Traffic Index. URL: tomtom.com

9. Azarov V.N., Rebrov V.A., Kozlovtseva E.Yu., Azarov A.V., Dobrinskiy D.R., Tertishnikov I.V., Polyakov I.V., Abukhba B.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4976.

10. Azarov, V.N. , Koshkarev S.A., Nikolenko M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, № 1, ch. 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2838.

11. Goel, A., Kumar, P. Atmospheric Environment, 2015, V. 107, pp. 374-390. URL: doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.02.002.

12. Federico Karagulian, Claudio A. Belis, Carlos Francisco C. Dora, Annette M. Prüss-Ustün, Sophie Bonjour, Heather Adair-Rohani, Markus Amann, Atmospheric Environment, Volume 120, 2015, pp. 475-483.