

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ НА УЛИЦАХ С НИЗКИМИ СКОРОСТЯМИ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА

Г. М. Батракова, д-р техн. наук, доцент,
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, профессор
каф. «Охрана окружающей среды»,
GMBatrakova@mail.ru,
г. Пермь, Россия,
С. В. Максимова, д-р техн. наук, доцент,
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,
зав. каф. «Архитектура и урбанистика»,
Svetlana-maximova@yandex.ru,
г. Пермь, Россия

Приведены результаты исследования загрязнений атмосферного воздуха в осенне-зимний период года на периферийных участках улично-дорожной сети и улицах, примыкающих к детским образовательным учреждениям. Показано, что для рассматриваемых улиц характерным является нестационарный режим движения транспортных средств и значительное увеличение числа автомобилей в часы пик. Определены значения максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ из состава продуктов сгорания топлив в пробах воздуха. Установлено, что концентрации оксида углерода, формальдегида, мелкодисперсной пыли в воздухе не связаны с режимами движения транспортных средств. Полученные данные противоречат имеющимся в литературе данным об увеличении загрязнения воздуха с ростом числа и интенсивности движения при низких скоростях. Установлено, что для получения объективной экологической оценки и определения требований при реконструкции жилой застройки и улично-дорожной сети актуально проводить наблюдения загрязнения воздуха на квартальных и жилых улицах во все сезоны года.

The article presents the results of the study of air pollution in the autumn-winter period of a year in the peripheral residential areas of the road network and streets adjacent to children's educational institutions. The considered streets are characterized by a non-stationary mode of movement and an increase in the number of vehicles during peak hours. The values of the maximum one-time concentrations of pollutants from the combustion products of fuels are determined. The content of dust particles is included. The content of carbon monoxide, formaldehyde and suspended solids in the samples do not exceed the acceptable maximum values of onetime concentration. The concentrations of carbon monoxide, formaldehyde, fine dust in the air did not depend on the category of roads (streets) and modes of vehicles movement. The data contradict the literature data about air pollution increase due to increased traffic intensity at low speeds. The results determine the necessity of monitoring air pollution on quarter and residential streets in order to obtain an objective environmental outlook. This is very important for determining the regulatory requirements for the reconstruction of residential areas in general and for the street-road network in particular.

Ключевые слова: загрязнение, атмосферный воздух, категории улиц, режимы, интенсивность, скорость движения, автотранспортные средства.

Keywords: air pollution, streets, modes, intensity and speed of the vehicle.

Введение

Увеличение числа транспортных средств (ТС), расширение открытых парковочных пространств и увеличение площадей для хранения автомобилей в жилой застройке влияют на уровень загрязнения воздушной среды урбанизированных территорий. Рост объема пылегазовых выбросов из состава продуктов сгорания влияет на качество воздуха и оказывает влияние на все половозрастные категории населения,

так как жизнедеятельность горожан в той или иной мере связана с транспортными сообщениями и потреблением товаров и услуг, доставляемых транспортными средствами.

Большой объем научно-технической литературы посвящен экологическим проблемам крупных автомагистралей и улично-дорожной сети (УДС) с большой интенсивностью транспортного потока (от 2000 авт./ч). Большое внимание уделяется и оценке загрязнения воздуха, обус-

ловленной высокой загруженностью магистралей и динамикой суточной нагрузки транспортных потоков, особенно в центральных районах городов, а также для отдельных элементов УДС населенных пунктов [1–3]. Для каждого участка УДС имеется свое соотношение факторов, определяющих объем эмиссии загрязняющих веществ, связанных с интенсивностью движения, пропускной способностью перекрестков, скоростью и режимом движения, структурой транспортного потока.

Дефицит парковочного пространства рассматривается как отдельная проблема обеспечения экологической безопасности российских городов. Поиск решений организации парковок на придомовых территориях и периферийных участках УДС представлен в работах [4, 5] и в библиографических списках этих публикаций. Особенностью движения ТС на периферийных участках УДС является маневрирование на низких скоростях, что влияет на объемы выделения продуктов сгорания топлива в приземном воздухе.

Периферийным участкам УДС (проезды, улицы и дороги местного значения), в силу сложившегося стереотипа о меньшем ожидаемом масштабе вредного воздействия ТС, уделяется недостаточно внимания. Вместе с тем, рост автомобилизации привел к существенным, даже радикальным, изменениям режима движения на этих улицах. Активное использование нижних этажей жилого фонда для коммерческой деятельности (салоны, магазины, аптеки и прочие) и загрузка обочин дорог припаркованными автомобилями приводит к изменению пропускной способности проездов. «Захват» территорий межквартальных и внутриквартальных пространств для парковки автомобилей жителями района связан с запретом или введением платного паркинга на более крупных улицах, отсутствием возможности парковать личные ТС в подземных и организованных паркингах, что существенно влияет на интенсивность движения ТС в жилой застройке на низких скоростях. Существенный вклад в этот процесс вносит меняющийся трафик движения ТС, обусловленный суточными колебаниями транспортных корреспонденций в жилых кварталах при подъездах к образовательным учреждениям.

Можно отметить большое число теоретических и прикладных исследований, выполненных в разных городах России, в задачи которых включалась оценка зависимости объемов эмиссий загрязняющих веществ от режима движения ТС. Определено, что при уменьшении средней скорости транспортного потока ниже 30 км/ч объемы выбросов загрязняющих веществ возрастают, нестационарный режим движения (торможение, разгон, остановка) ведет к увеличению объемов выбросов, прежде всего оксида углерода; преобладание доли грузового и общественного транспорта приводит к увеличению соединений серы, бенз(а)пирена и сажи в воздухе в большем объеме, чем в на участках УДС с преобладанием легковых автомобилей, на которых, в свою очередь, увеличивается концентрация оксида углерода. Кроме того, при изучении сезонных особенностей загрязнения воздуха территорий парковочных зон установлено, что максимальный ущерб от загрязнения воздуха характерен для зимнего сезона, когда для большого числа автомобилей используется предпусковой прогрев двигателя.

Изучение экологических аспектов снижения скорости движения при сохранении высокой интенсивности транспортных потоков интересно с позиции общемировой тенденции снижения скорости движения ТС в городах, влияющей на развитие велосипедного движения и пешеходности, как условий качественной и безопасной городской среды [6, 7]. Уместно будет отметить, что за период с 2001 по 2013 год скорость городских транспортных потоков в России имела тенденцию к снижению, причиной которой является растущая автомобилизация на фоне низкой пропускной способности и плотности улично-дорожной сети [8, 9]. Например, в Перми она уменьшилась на 21,28 %. Показатель средней скорости дорожного движения в 2013 году для улиц, расположенных на периферии Перми составил 32–35 км/ч, а для центральных — 7–20 км/ч² [10].

Целью работы являлось исследование уровня загрязнения атмосферного воздуха на участках УДС, примыкающих к образовательным учреждениям. Исследования проведены в жилых кварталах г. Перми на участках УДС с различной интенсив-

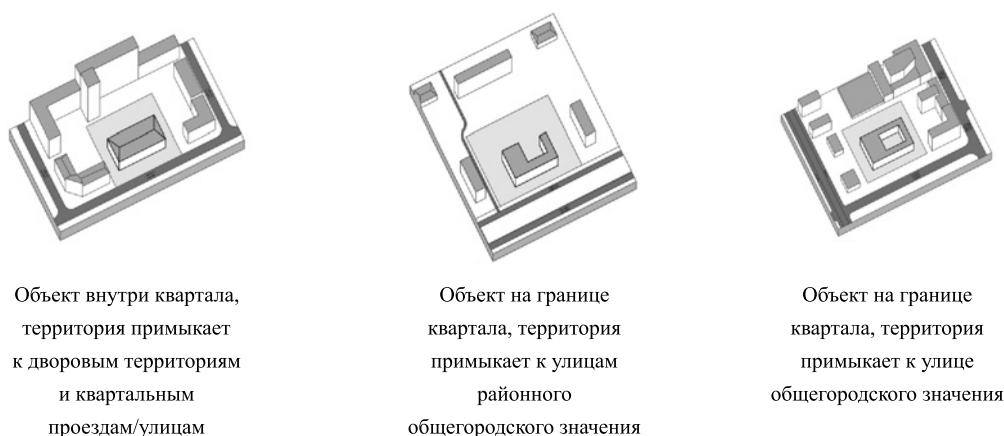


Рис. 1. Образовательные учреждения по расположению в жилой застройке и примыканию к проездам/улицам

ностью движения, при этом ограничение скорости движения ТС на исследуемых участках составляло от 20—40 км/час. В исследованиях использованы методы теоретико-методологического анализа и натурные измерения загрязнения воздуха.

Модели и методы

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха на участках УДС возле образовательных учреждений выполнялся отбор представительных проб воздуха. Соблюдалось требуемое расстояние точки отбора проб от фасадов ближайших зданий и сооружений (не менее 1,5 м), удаленность от проезжей части улиц (7,5 м). Отбор проб воздуха выполнялся сериями по 30 минут. Метеоусловия в период отбора проб были стабильными: температура воздуха от 0...–5 °С, атмосферное давление 750—756 мм рт. ст., влажность воздуха 78—88 %, устойчивое состояние погоды и отсутствие атмосферных осадков. Значения максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ (оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы (сернистый ангидрид, формальдегид, бенз(а)пирен, пылевые частицы (PM₁₀ и PM_{2,5}) определены в аккредитованной лаборатории ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (г. Пермь).

Исследования проведены в осенне-зимний период года в будние дни в периоды пиковых нагрузок на участках УДС, периоды наблюдений выбраны с учетом

результатов обследования структуры и интенсивности транспортных потоков ООО «Агентство дорожной информации РАДАР» установлены периоды наибольшей интенсивности движения, так в утренний час пик в целом по городу наблюдается с 9.00 до 10.05, вечерний час пик — с 17.30 до 18.30 [10]. Интенсивность движения определялась с помощью видеотехники прямым подсчетом единиц ТС. Отборы проб воздуха выполнялись в интервалы 9.00—11.30 и 16.30—19.00.

Для натурных исследований выбраны улицы, примыкающие к территориям общеобразовательных школ и детских садов, генерирующих интенсивные транспортные потоки на малых скоростях в часы пик и расположенные либо внутри кварталов, либо на их границах (районные общегородские улицы), (рис. 1). Все исследуемые улицы находились в жилой застройке городского ядра, центральных и периферийных районов города. Образовательные учреждения, размещенные на магистральных улицах города, в рамках данного исследования не рассматривались в силу того, что подобное расположение школ и в особенности детских садов не относится к типовому размещению образовательных учреждений.

Характеристики улиц в жилых кварталах представлены в таблице 1.

Результаты и обсуждение

Исследования позволили установить содержание в воздухе оксида углерода, формальдегида и взвешенных веществ в

концентрациях ниже ПДК_{мр}. Содержание в воздухе диоксида азота, диоксида серы и полиароматических углеводородов определено в концентрациях ниже пределов обнаружения методик измерения, табл. 2. Во всех исследованных пробах было установлено содержание взвешенных частиц. Для зимнего периода полученные значения свидетельствуют о запыленности воздуха, следовательно, в теплый период года эти значения могут быть значительно увеличены. Содержание в пробах воздуха мелкодисперсной пыли (PM₁₀, PM_{2,5}) было больше нижней границы обнаружения (0,001 мг/м³), но меньше допустимых кон-

центраций, табл. 3. Содержание мелкодисперсной пыли в пробах воздуха не связано с интенсивностью движения ТС, различия между показателями содержания пылевых частиц разной степени дисперсности показали, что доля наиболее мелких частиц (PM_{2,5}) по отношению к более крупным (PM₁₀) колебалась в широком интервале (5–53 %).

Полученные значения сопоставимы с результатами гигиенической оценки воздушной среды мегаполисов г. Санкт-Петербурга, Перми и др., выполненных на перекрестках автомагистралей и остановочных площадках [11, 12]. При усредне-

Таблица 1

Характеристики территорий исследования

Категория улицы	Схема профиля улиц	Средняя интенсивность движения, ед./ч в период пиковых нагрузок
Квартальная		480
Районная		616
Общегородская		966

Таблица 2

Содержание загрязняющих веществ в пробах воздуха

Наименование	ПДК, мг/м ³	Содержание загрязняющих веществ с учетом категории улиц, мг/м ³		
		проезды/улицы квартального значения	улицы районного и общегородского значения	улицы общегородского значения
Оксид углерода	5,0	0,96 ± 0,75	0,75	0,87 ± 0,75
Формальдегид	0,05	0,003 ± 0,0006	0,001	0,003 ± 0,0006
Взвешенные вещества	0,5	0,125 ± 0,030	0,162 ± 0,004	0,06 ± 0,015
Диоксид азота	0,2		менее 0,1	
Диоксид серы	0,5		менее 0,03	
Бенз(а)пирен	0,1 · 10 ⁻⁶		менее 0,5 · 10 ⁻⁷	

Таблица 3

**Количество твердых пылевых частиц
в пробах атмосферного воздуха**

Пылевые частицы	ПДК _{мр} , мг/м ³	Кратность превышения ПДК с учетом интенсивности движения автомобилей (авт./ч)		
		≤500	500—1000	>1000
Взвешенные вещества	0,5	0,25	0,34	0,007
PM _{2,5}	0,16	0,5	0,22	0,15
PM ₁₀	0,3	0,08	0,011	0,08

нии значений за 20-минутный интервал концентрации PM_{2,5} и PM₁₀ не превышали ПДК_{мр}, достоверной зависимости от числа автотранспорта также отсутствовала.

Установленные значения не связаны с интенсивностью транспортных потоков на улицах разной категории. Принято считать, что наличие в атмосферном воздухе загрязняющих веществ в концентрациях ниже безопасных величин (ПДК_{мр}, ПДК_{сс}) не приводит к неблагоприятным эффектам на здоровье, но для отдельных категорий населения, в том числе дошкольной и школьной возрастной группы, вредное воздействие атмосферных загрязнителей возможно и в концентрациях близких к рекомендуемым безопасным значениям. Таким образом, опасное воздействие на здоровье детей могут оказывать вредные примеси в концентрациях, не превышающих гигиенический норматив. Это подтверждается требованиями к размещению образовательных объектов, изложенными в СП 252.1325800.2016 «Здания дошкольных образовательных организаций. Правила проектирования», а именно, — «участки и здания вновь строящихся ДОО целесообразно размещать в зонах с особыми требованиями к качеству окружающей среды... в зоне пониженных скоростей, преобладающих ветровых потоков, аэрации и газопылевого содержания, не допускается превышение установленных санитарными нормами предельно допустимых концентраций загрязнений — 0,8 ПДК».

Заключение

Представленные результаты исследования можно использовать для сравнения и

для оценки риска здоровью населения от воздействия выбросов ТС, в то же время ограниченное число натурных исследований не является достаточным для оценки уровня загрязнения атмосферы для крупного города и не позволяют в полной мере оценить экологическую нагрузку транспортных потоков в периферийной части УДС.

Результаты исследования воспринимаются как противоречивые, с одной стороны, установленное содержание загрязняющих веществ в низких концентрациях можно объяснить процессами естественного самоочищения воздуха в зимний период, поэтому полученные результаты необходимо сравнить с наблюдениями в другие периоды календарного года. С другой стороны, низкий уровень загрязнения воздуха на улицах периферийной части УДС можно считать обнадеживающим с точки зрения глобального подхода к реконструкции УДС, ориентированной на пешеходность, велодвижение и повышение безопасности.

С учетом неоднозначности полученных результатов первоочередной задачей мониторинга контролируемых показателей загрязнения атмосферы является сбор и обобщение материалов годовых циклов наблюдений. Проведение полномасштабных исследований по большему числу реперных точек во всех районах города позволит получить статистически достоверные результаты об уровне загрязнения атмосферного воздуха на улицах с низкими скоростями движения. С учетом ожидаемой вариативности результатов для улиц разной категории эти данные должны быть сопоставлены с интенсивностью движения ТС на жилых и квартальных улицах, которая в настоящее время недостаточно изучена и не принимается во внимание при разработке документации по планировке и реконструкции застройки.

Накопление данных по загрязнению атмосферы в жилой застройке городов, на улицах с низкими скоростями движения позволит объективно пересмотреть размеры профилей улиц разной категории, сопоставить их с действующими градостроительными нормативами в части отступов от красных линий УДС и правилами безопасности дорожного движения. Как уже доказано опытом многих крупных горо-

дов мира, совокупность этих мероприятий способствует улучшению доступности социальных объектов, стимулирует пешеходное и велосипедное движение, что в итоге

снижает зависимость населения от автомобиля и позитивно сказывается на качестве городской среды с точки зрения загрязнения атмосферного воздуха.

Библиографический список

1. Якимов М. Р. Транспортные системы крупных городов. Анализ режимов работы на примере города Перми: монография. — Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. — 84 с.
2. Паресаев Е. В., Малюгин П. Н., Тетерина И. А. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ для нестационарных транспортных потоков // Вестник СибАДИ. — 2018. — Т. 15, № 5 (63). — С. 686—697.
3. Шукина Т. В., Тамонова О. С., Акулова И. И. Оценка воздействия автотранспорта на экологию урбанизированных территорий и пути сокращения нагрузки транспортных систем мегаполиса // Экология и промышленность России. — 2017. — Т. 21, № 4. — С. 36—41.
4. Цыплакова Е. Г., Янкевич Ю. Г. Эколого-экономическая оценка обеспечения экологической безопасности автотранспорта в зоне парковок // Экономика нового мира. — 2016. — № 3 (вып. 3). — С. 87—105.
5. Дуванова И. А. Автомобильные стоянки и парковки в мегаполисах // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2015. — № 12 (39). — С. 43—56. DOI: 10.18720/CUBS.39.3
6. Джанет Садик-Хан, Сет Соломонов. Битва за города. Как изменить наши улицы. Революционные идеи в градостроении. — М.: Олимп-Бизнес, 2017. — 520 с.
7. Градостроительные основы развития и реконструкции жилой застройки: монография; под общ. ред. Ю. В. Алексеева. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. — 640 с.
8. Донченко В. В., Кунин Ю. И., Казьмин Д. М. Комплексный подход к формированию транспортной политики мегаполисов в условиях перегруженности улично-дорожных сетей // Журнал автомобильных инженеров. — 2010. — № 1 (60). — С. 38—45.
9. Игнатов А. В. Совершенствование управления перевозками с учетом риска возникновения транспортного затора на улично-дорожной сети города: дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. — Саратов, 2015. — 246 с.
10. Среднесуточные скорости движения транспортного потока по УДС города Перми // [Электронный ресурс]: Центр дорожной информации. Режим доступа: <http://road.perm.ru/index.php?id=116> (дата обращения 02.12.2018).
11. Рахманин Ю. А., Леванчук А. В. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха в районах с различной степенью развития дорожно-автомобильного комплекса // Гигиена и санитария. 2016. — 95 (12). — С. 1117—1121. DOI: 10.1882/0016-9900-2016-95-12-1117-1121.
12. Уланова Т. С., Антипова М. В., Волкова М. В., Гилева М. И. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе вблизи автомобильных дорог // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 4. — С. 38—45. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.05

RESULTS OF THE AIR POLLUTION STUDY ON THE STREETS WITH THE VEHICLES OPERATING IN THE LOW SPEED RANGE

Batrakova G. M., Ph. D. (Engineering), Associated Professor, Professor of Environmental Protection Department, Perm National Research Polytechnic University, GMBatrakova@mail.ru, Perm, Russia,

S. V. Maximova, Ph. D. (Engineering), Associated Professor, Head of Architecture and Urbanism Department, Perm National Research Polytechnic University, Svetlana-maximova@yandex.ru, Perm, Russia

References

1. Yakimov M. R. Transportnye sistemy krupnyh gorodov. Analiz rezhimov raboty na primere goroda Permi [Transport systems of the cities. Analysis of operating modes: a case study of the city of Perm]. Perm, Izdatelstvo Perm. gos. tehn. un-ta. 2008, 84 p. [in Russian].
2. Paresaev E. V., Malyugin P. N., Teterina I. A. Metodika rascheta vybrosov zagryaznyayushih veshestv dlya nestacionarnykh transportnykh potokov [Methodology for calculating pollutant emissions for non-stationary traffic flows]. *Vestnik SibADI*. 2018. Vol. 15, No. 5 (63). P. 686—697 [in Russian].

3. Shchukina T. V., Tamonova O. S., Akulova I. I. Ocenka vozdejstviya avtotransporta na ekologiyu urbanizirovannyh territorij i puti sokrasheniya nagruzki transportnyh sistem megapolisa [Assessment of the impact of motor transport on the environment of urbanized areas and ways to reduce the load of the transport systems of the metropolis]. *Ecology and industry of Russia*. 2017. Vol. 21. No. 4. P. 36—41 [in Russian].
4. Tsyplakova E. G., Yankevich Yu. G. Ekologo-ekonomicheskaya ocenka obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti avtotransporta v zone parkovok [Environmental-economic assessment of the environmental safety of motor vehicles in the parking area]. *Economy of the New World*. 2016. No. 3. P. 87—105 [in Russian].
5. Duvanov I. A. Avtomobilnye stoyanki i parkovki v megapolisah [Parking areas and parkings in the big cities]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2015. No. 12 (39). P. 43—56. DOI: 10.18720/CUBS.39.3 [in Russian].
6. Dzhanet Sadik-Han, Set Solomonov. Bitva za goroda. Kak izmenit nashi ulicy. Revolyucionnye idei v gradostroenii [Fight for the cities. How to change our streets. Revolutionary ideas in urban planning]. Moscow, Olimp-Biznes. 2017, 520 p. [in Russian].
7. Gradostroitelnye osnovy razvitiya i rekonstrukcii zhiloy zastroyki [Urban planning foundations for the development and reconstruction of residential development]. Ed. Yu. V. Alekseeva. Moscow, Izdatelstvo As-sociacii stroitelnyh vuzov. 2009. 640 p. [in Russian].
8. Donchenko V. V., Kunin Yu. I., Kazmin D. M. Kompleksnyj podhod k formirovaniyu transportnoj politiki megapolisov v usloviyah peregruzhennosti ulichno-dorozhnyh setej [Integrated approach to the formation of transport policy of megapolises in conditions of congestion of street-road networks]. *J. of automobile engineers*. 2010. No. 1 (60), P. 38—45 [in Russian].
9. Ignatov A. V. Sovershenstvovanie upravleniya perevozkami s uchetom riska vozniknoveniya transportnogo zatora na ulichno-dorozhnoj seti goroda. Dis. ... kand. tehn. nauk. 05.22.10. [Improvement of traffic management taking into account the risk of traffic congestion on the street and road network of the city. *Thesis abstracts for Ph. D. in Engineering*.] Saratov, 2015. 246 p. [in Russian].
10. Srednesutochnye skorosti dvizheniya transportnogo potoka po UDS goroda Permi: Centr dorozhnoj informacii. Rezhim dostupa: <http://road.perm.ru/index.php?id=116>, date of access 02.12.2018 [in Russian].
11. Rakhmanin Yu. A., Levanchuk A. V. Gigienicheskaya ocenka atmosfernogo vozduha v rajonah s razlichnoj stepenyu razvitiya dorozhno-avtomobilnogo kompleksa [Hygienic assessment of atmospheric air in the areas with different degrees of the development of the road-traffic complex]. *Hygiene and sanitation*. 2016. No. 95 (12). P. 1117—1121. DOI: 10.1882/0016-9900-2016-95-12-1117-1121.
12. Ulanova T. S., Antipeva M. V., Volkova M. V., Gilyova M. I. Issledovanie soderzhaniya melkodispersnyh chastic v atmosfernom vozduhe vblizi avtomobilnyh dorog [Investigations of fine particles concentrations in the atmospheric air near highways]. *Health Risk Analysis*. 2016. No. 4. P. 38—45. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.05.