

ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

В. А. Стуканов, А. Т. Козлов, А. А. Томилов, В. В. Татаринев, М. В. Пожидаева

Военный авиационный инженерный университет

Поступила в редакцию 22.07.2011 г.

Аннотация. В статье дается анализ основных видов воздействия автотранспорта на состояние городской среды. Выделены наиболее вредные вещества, входящие в состав отработавших газов, и рассмотрено их негативное влияние на состояние здоровья людей и климатические условия. Выявлены основные компоненты загрязнителей — вредные вещества, шумы. Приведен анализ несоответствия содержания вредных веществ в окружающей среде установленным нормам евростандартов при эксплуатации автомобилей на российских сортах топлива.

Ключевые слова: загрязнение среды, шумовое загрязнение, отработавшие газы, требования евростандартов.

Abstract. The article deals with the analysis of the main types of motor transport influence on the state of urban environment. We have selected the most harmful substances that make up the exhaust gases, and have considered their negative effects on human health and climatological conditions. The basic components of the harmful substances pollution and noise pollution have been revealed. The analysis of non-compliance of the content of the harmful substances in the environment with the established eurostandard norms in car operation on Russian grade fuel is presented.

Keywords: environmental pollution, noise pollution, exhaust gases, eurostandard requirements.

Известно, что человек в течение суток потребляет около 15—25 кг воздуха, 2,5—5 кг воды, 2,5 кг пищи. При ингаляции химические элементы поглощаются организмом особенно интенсивно. Так, свинец, поступивший с воздухом, абсорбируется кровью на 60 %, тогда как поступивший с водой — на 10 %, а с пищей — на 5 % [1]. Следовательно, при загрязнении окружающей среды атмосферный воздух является основным поставщиком токсичных веществ в организм человека.

Основные техногенные источники загрязнения атмосферы можно разделить на три группы:

- 1) источники, образующие загрязняющие вещества от сжигания топлива;
- 2) промышленные источники загрязняющих веществ, не связанных со сгоранием топлива;
- 3) источники загрязняющих веществ, связанных с утилизацией бытовых отходов [2].

Установлено, что в последнее время автотранспорт оказывает все более негативное влияние на окружающую среду. Если в 70-е годы XX века доля загрязнителей, вносимых автомобилем в атмосферу, составляла менее 13 %, то в последнее время она составляет более 60 %.

В выхлопных газах автомобилей содержится более 200 соединений и веществ, большинство из которых токсичны [3, 4]. В окружающую среду выделяются оксиды углерода (CO), азота (NO), сернистый газ (SO₂), альдегиды, сажа (C), свинец (Pb) и другие. Экспериментально установлено, что в отработанных газах карбюраторных двигателей в период торможения выделяется большое количество углеводородов. Максимальное количество выделения CO наблюдается при работе двигателя на холостом ходу и при перегрузках.

В частности, в городе Воронеже валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта в 2009 году составил 118220,5 т, т.е. более 90 % от валового выброса всех источников загрязняющих веществ в атмосферу над городом [3]. Основная причина этого процесса — состав отработавших газов (ОГ).

Особую группу составляют канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в том числе наиболее активный бензопирен (относится к первому классу опасности), являющийся индикатором присутствия канцерогенов в ОГ. В случае применения этилированных бензинов образуются токсичные соединения свинца (класс опасности 1). Однако в соответствии с федераль-

© Стуканов В. А., Козлов А. Т., Томилов А. А., Татаринев В. В., Пожидаева М. В., 2012

ным законом в России с 2003 года производятся только неэтилированные автомобильные бензины.

В группе нетоксичных веществ присутствует углекислый газ, однако под его влиянием происходит снижение величины рН в сыворотке крови, что ведет к ацидозу. Так при повышении его концентрации до 5 % учащается дыхание и наступает одышка, при 10 % — наступает обморочное состояние. При дальнейшем повышении концентрации CO_2 человеку угрожает смерть. Между тем доля CO_2 в отработавших газах автомобилей составляет 5—12 % для бензиновых и 1—10 % для дизельных двигателей.

Рассчитанный токсичный уровень углекислого газа в атмосфере, при котором человек может жить всю жизнь, — 426 ppm (0,0043 %). Исследования показывают, что концентрация этого газа не поднималась выше 320 ppm за последние 40 тыс. лет. Теперешняя концентрация CO_2 в атмосфере — результат сжигания топлива человечеством. В целом антропогенное поступление CO_2 в атмосферу превышает природное в 3—4 раза.

Считается, что повышение концентрации углекислого газа в атмосфере также приводит к созданию парникового эффекта планеты, что вызывает потепление климата.

В августе 2003 году небывалая жара в Европе только во Франции привела к смерти 25 тыс. человек. В Нидерландах в температурный пик лета 2003 году смертность достигала 25 человек в день. Д.С. Робертсон считает, что эти смерти были связаны с одновременным воздействием высокой температуры и повышенным содержанием углекислого газа в зданиях [6].

Следует отметить влияние повышенной концентрации CO_2 в атмосфере на появление кислотных дождей. Из-за постоянного его присутствия рН осадков составляет в среднем 5,6 (для нейтральных растворов рН равен 7).

В остальных группах веществ ОГ наибольшую опасность представляют:

— оксид углерода (до 10 % у бензиновых двигателей и до 5 % у дизелей) — активно взаимодействует с гемоглобином крови, снижая ее способность переносить кислород уже при очень низких концентрациях;

— оксиды азота (до 0,8 % у бензиновых двигателей и до 0,5 % у дизелей) — при попадании в организм приводят к образованию соединений, препятствующих переносу кислорода к тканям (монооксид азота), раздражающе воздействуют на слизистые оболочки глаз, носа, разрушают легкие

человека (диоксид азота);

— углеводороды (до 0,3 % у бензиновых двигателей и до 0,5 % у дизелей) — по характеру воздействия на организм человека подразделяются на раздражающие и канцерогенные;

— твердые частицы (сажа) (до 0,04% у бензиновых двигателей и до 1,1 % у дизелей) — являются переносчиками канцерогенных веществ.

Эти вещества, как наиболее опасные, определены Европейской экономической комиссией ООН при введении стандартов, именуемых как Евро и призванных улучшить экологическую ситуацию в странах Европы.

Содержание в выхлопе углекислого газа не оговаривается, однако Еврокомиссия предлагает ввести с 2012 года норму в 120 г/км.

В большинстве печатных изданий приводятся предельные значения требований евростандартов для легковых автомобилей и, как правило, оснащенных бензиновыми двигателями. Однако выброс вредных веществ от различных видов автомобильного транспорта в валовой выброс вредных веществ в России в 2007 году составил: от грузовых автомобилей — 58 %, легковых — 26 % и автобусов — 16 %. При этом весь валовой выброс загрязняющих веществ от автопарка России распределился в следующем порядке: CO — 68,2 %, NO_x — 23,7 %, C_nH_m — 7,8 % и твердые частицы (PM) — 0,4 %. Для автомобилей с бензиновыми двигателями преобладающими веществами оказались CO (77,9 %), NO_x (14,9 %) и C_xH_y (7,2 %). Для автомобилей с дизельными двигателями — NO_x (55,0 %), CO (33,3 %), C_nH_m (10,1 %) и PM (1,7 %).

Значительного изменения тенденции распределения загрязняющих веществ в последующие три года не наблюдалось.

Следовательно, основной вклад в загрязнение атмосферы вредными веществами приходится на грузовые автомобили и автобусы, оснащенные двигателями с рабочим объемом более 4 л, несмотря на то, что их доля в автопарке России в 5,5 раза меньше, чем доля легкового автотранспорта. А так как среди них продолжает увеличиваться доля автомобилей с дизельными двигателями, то они и представляют наибольший интерес для исследований.

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что при эксплуатации автомобильного транспорта с течением времени наблюдается повышение требований к предельным выбросам загрязняющих веществ, в том числе и с дизельными двигателями.

Кривые на рис. 1, построенные по данным табл. 1, наглядно показывает, что с 1992 по 2013 гг. содержание вредных веществ в отработавших газах грузовых автомобилей с дизельными двигателями должно сократиться: угарного газа — в 3, углеводородов — в 8,5, оксидов азота — в 16, а сажи — в 36 раз.

Для города Воронежа можно констатировать резкий рост негативных воздействий на окружающую среду от автомобилей.

Парк автомобилей в городе постоянно растет. На 1.01.2010 г. он составил 255 929 автомашин. Из них количество частных автовладельцев — 225 579 единиц. Это негативно сказывается на валовом

выбросе загрязняющих веществ в атмосферу, который составляет 90% от валового выброса всех загрязняющих веществ в воздух над городом и составляет на сегодня более 119 т. Увеличение интенсивности движения транспортных потоков, скопление автомобилей на основных городских автомагистралях и их пересечениях, резкое сокращение экологически чистых видов автотранспорта — трамваев и троллейбусов приводит к резкому повышению концентраций вредных веществ в воздухе.

Для города Воронежа основными приоритетными загрязняющими веществами являются приведенные в табл. 2.

Таблица 1

Требования Евростандартов для грузовых автомобилей и автобусов с дизельными двигателями

Стандарт	Год введения	Предельные значения, г/кВт·ч			
		CO	C _n H _m	NO _x	PM
Евро-1	1992, >85 кВт	4,5	1,1	8,0	0,36
Евро-2	1996	4,0	1,1	7,0	0,25
	1998	4,0	1,1	7,0	0,15
Евро-3	1999	2,1	0,66	5,0	0,10
Евро-4	2005	1,5	0,46	3,5	0,02
Евро-5	2008	1,5	0,46	2,0	0,02
Евро-6	2013	1,5	0,13	0,5	0,01

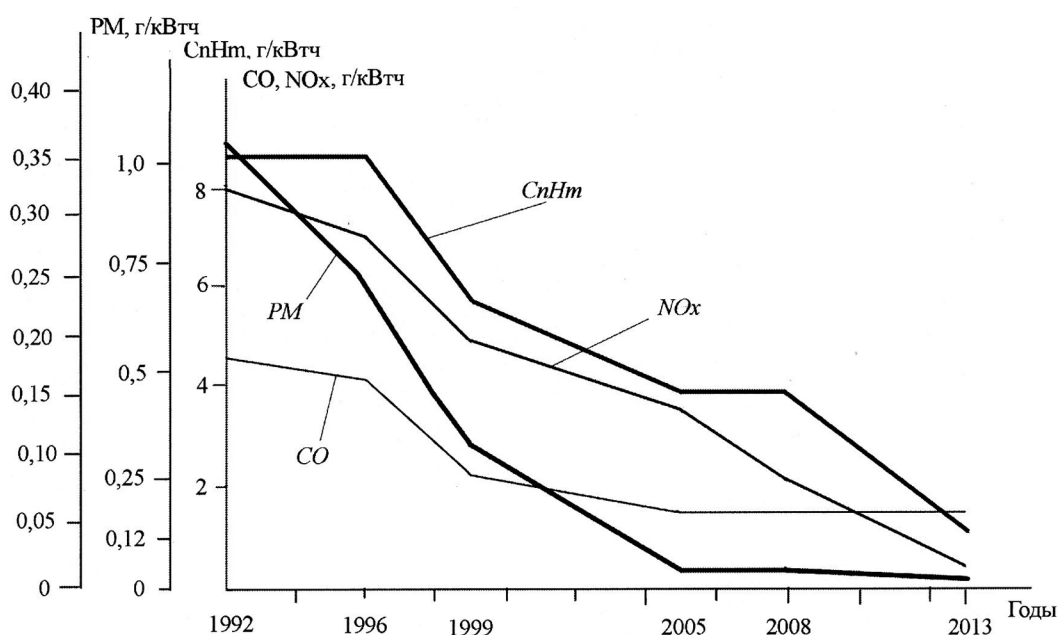


Рис. 1. Изменение норм содержания вредных веществ в соответствии с Евростандартом

Динамика выбросов загрязняющих веществ и количество автотранспорта приведены на рис. 2.

Автомобили являются источником не только химического, но и шумового загрязнения. Высокая шумовая нагрузка является причиной и стимулятором многих заболеваний — сердечно-сосудистых, нервных, желудочных (Козлов А.Т. и др., 2006). Особо опасное воздействие оказывают шумы на нервно-психическую деятельность человека. Шумовое загрязнение обладает акустическим эффек-

том и, накапливаясь в организме, все сильнее угнетает нервную систему.

Анализ экспериментальных данных выявил наибольший уровень шума (до 90 дБ) по Ленинскому проспекту («Остужевское» кольцо, остановки: «ул. Димитрова», «ул. Ильича», «ул. Брусилова»), а также возле «ДК Кирова» — на наиболее загруженных автотранспортом участках.

Снижение уровня шума в среднем до 15 дБ были отмечены на участках магистралей, имеющих

Таблица 2

Состав и наличие загрязняющих веществ от автотранспорта в городе Воронеже

Наименование загрязняющих веществ	Фактический выброс за 2005 г. (в тыс. тонн)	Снижение (–) или увеличение (+) выбросов по сравнению с 2004 годом	Класс опасности
Основные загрязняющие вещества			
Азота диоксид	2,716	–0,268	2
Углерода оксид	1,691	–0,216	4
Ангидрид сернистый (серы диоксид)	1,508	–2,345	3
Пыль (суммарно)	3,367	–1,671	
Приоритетные загрязняющие вещества			
Формальдегид	0,0025	–0,0002	2
Фенол	0,0006	–0,0003	2
Бутадиен (дивинил)	0,0958	–0,0004	4
Толуол	0,1670	0,0068	3
Ксилол	0,1140	0,0070	3
Бенз(а)пирен	0,000002	0,000002	1
Стирол	0,0442	0,0003	2

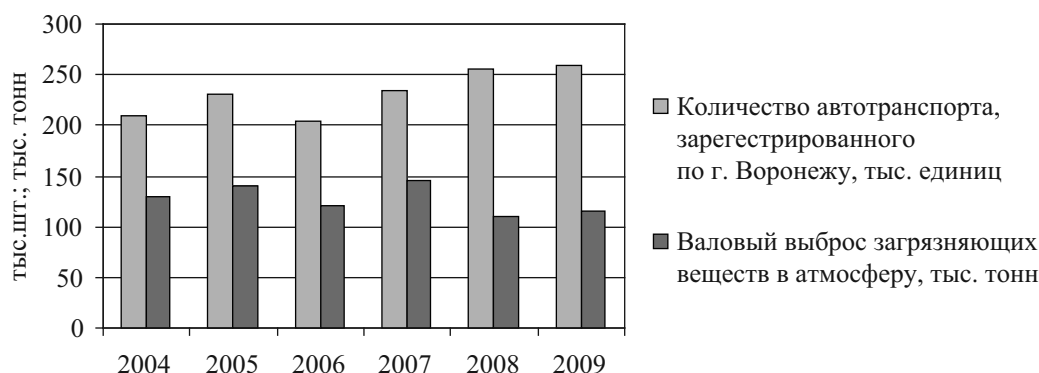


Рис. 2. Изменение количества автотранспорта и количества выбрасываемых ими загрязняющих веществ по г. Воронежу в 2004—2009 гг.

защитные экраны в виде зеленых насаждений, вследствие поглощения звука растительностью (ост. «Добролюбова», ДК им. Кирова), в отличие от зон автодорог, где флора практически отсутствовала. Существенное влияние на границу зоны акустического воздействия транспортных потоков на этих участках оказывало наличие травяного покрова, деревьев и кустарников.

Одними из наиболее насыщенных шумом магистральями являются улицы Кирова и Кольцовская, причем в вечерние часы показатели шума увеличиваются по сравнению с дневными часами (рис. 3, 4).

Насыщение шумом магистрали по улице Свободы имеет немного меньшие значения по сравнению с улицами Кирова и Кольцовской, однако они лежат в более узком диапазоне уровня шума и в вечерние часы показатели шума уменьшаются по сравнению с дневными часами (рис. 5).

В соответствии с требованиями стандарта Евро-3 определено снижение выбросов углеводородов (C_nH_m) по сравнению с Евро-2 — на 40,0 %, оксидов азота (NO_x) — на 28,6 % и оксида углерода (CO) — на 47,5 %, а сажи (PM) — на 33,4 %.

Следующим этапом с разработкой стандарта Евро-4 стало дальнейшее снижение C_nH_m по срав-

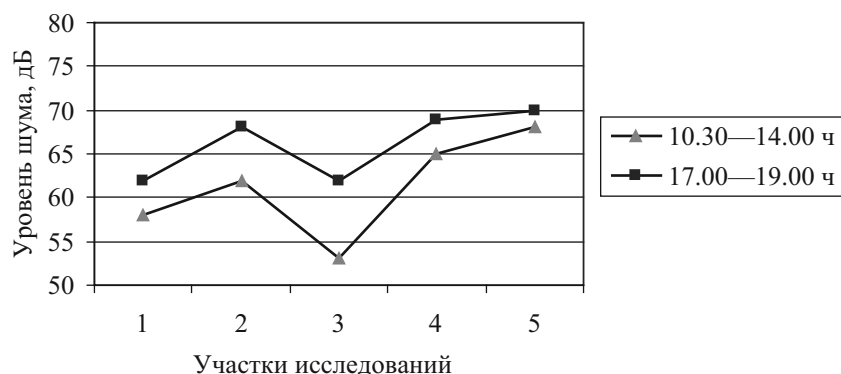


Рис. 3. Изменение уровня шума на участках исследования по улице Кирова

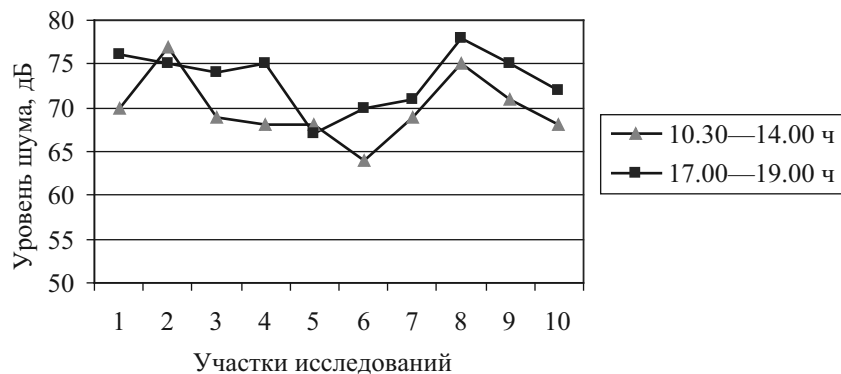


Рис. 4. Изменение уровня шума на участках исследования по улице Кольцовской

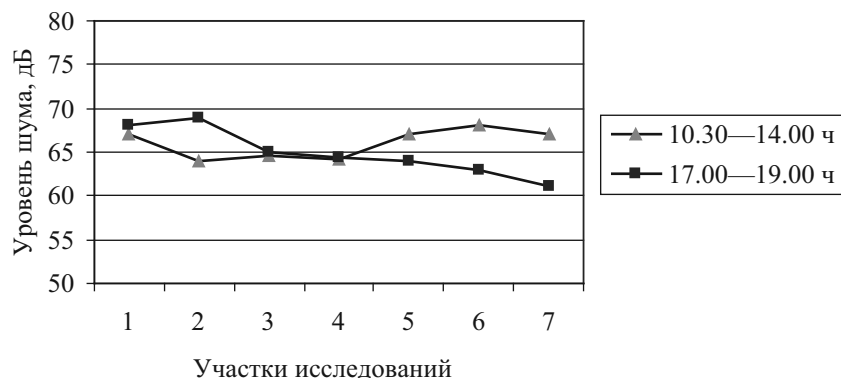


Рис. 5. Изменение уровня шума на участках исследования по улице Свободы

нению с Евро-3 — на 30,3 %, NO_x — 30,0 % и CO — на 28,6 %, а PM — на 80,0 %.

Стандарт Евро-5 ужесточает требования только по NO_x , сокращая их содержание в ОГ еще на 42,9 %.

Требованиями стандарта Евро-6 определено дальнейшее сокращение C_nH_m на 71,7 %, NO_x — на 75,0 %, а PM — на 50,0 %.

Таким образом, с 1992 г. по 2013 г. содержание вредных веществ в ОГ грузовых автомобилей с дизельными двигателями должно сократиться: угарного газа в 3 раза, углеводов — в 8,5 раз, оксиды азота — в 16 раз, а сажи в 36 раз.

Выполнение требований стандартов Евро-1, 2 и 3 осуществлялось за счет совершенствования систем подачи топлива и систем газораспределения, а также повышения требований к показателям качества топлив. Основными конструктивными решениями этого вопроса явились дальнейшие совершенствования системы впуска, камеры сгорания, системы вентиляции картера, газораспределительного механизма, системы выпуска, совершенствование впрыска топлива применением электронных регуляторов частоты вращения. Существенным решением проблемы явилось использование в системе выпуска ОГ термических, а затем каталитических нейтрализаторов. Последние получили столь широкое распространение, что на их долю в настоящее время приходится до 35 % платины, 90 % родия и 45 % палладия от мировой добычи этих металлов.

Резкое снижение NO_x и PM начинается с момента введения стандарта Евро-4. Чтобы обеспечить снижение оксидов азота в два раза, используют частичную рециркуляцию отработавших газов в камеру сгорания, что понижает температуру сгорания и, как следствие, образование NO_x . При этом стал наблюдаться повышенный расход топлива, а к системе охлаждения предъявляться более высокие требования.

Решения еще более жестких требований стандарта Евро-5 по снижению оксидов азота, реализуются по двум направлениям:

- избирательной каталитической нейтрализации SCR (Selective Catalytic Reduction);
- дальнейшее развитие EGR (Exhaust Gas Recirculation) — системы рециркуляции ОГ.

Первый путь выбрало большинство автостроительных компаний, и он заключается в использовании 32 %-го водного раствора мочевины, получившего название AdBlue. Раствор используется как катализатор окислительных процессов.

Снижение оксида углерода, углеводорода и сажи с помощью мочевины достичь невозможно, поэтому наряду с SCR сохраняются каталитический нейтрализатор и сажевый фильтр.

Технология SCR позволяет при эксплуатации автомобилей с дизельными двигателями соблюдать нормы, определенные не только стандартом Евро-4, но и Евро-5, однако система SCR имеет свои недостатки. Так, снаряженная масса автомобиля повышается в среднем на 200—250 кг. Для достижения норм стандарта Евро-4 на 100 л топлива требуется 3—5 л мочевины. Следовательно, возрастают эксплуатационные расходы. Кроме того, требуется широкая сеть автозаправок не только топливом, но и мочевиной. При израсходовании запаса последней двигатель сразу переходит на «неэкологический» режим работы. В связи с этим планируется оснастить автомобили с SCR-системой существенного снижения мощности двигателя при прекращении подачи мочевины в нейтрализатор. Система SCR неэффективна в городских условиях, так как каталитическая реакция начинается при температуре не ниже 250 °С, а в условиях городской эксплуатации такая температура практически не достигается. И, наконец, поскольку раствор имеет водную основу, он замерзает при температуре минус 11,5 °С, что требует оснащения системы нагревающим устройством.

По второму пути пошли такие производители, как Scania и MAN, направив свои усилия на модернизацию системы EGR. Модернизация заключается в применении двухступенчатого охлаждения рециркулирующих газов. Смешивание охлажденных отработанных газов с всасываемым воздухом снижает содержание в нем кислорода, а это обстоятельство является главным с точки зрения уменьшения температуры сгорания, напрямую влияющей на количество выделяемых оксидов азота во время процесса сгорания. С этой целью устанавливается водяной охладитель, проходя через который рециркулирующие ОГ подаются либо во впускной коллектор, либо, на более мощных дизелях, во вторую ступень охлаждения [5].

Выбор концепции зависит от большого количества факторов: технических, экономических, организационных и других.

В любом случае обеспечение выполнения норм евростандартов вызывает дальнейшее усложнение конструкции автомобиля и условий его эксплуатации. Учитывая, что Россия в решении этой проблемы отстает от стран Европы на 5—8 лет, резко ухудшения экологической обстановки от сокра-

щения вредных выбросов в ОГ автомобилей ожидать не приходится. И дело не только в соотношении суммарного рабочего объема двигателей грузового и легкового автотранспорта.

Одной из серьезных проблем на пути к сокращению количества вредных транспортных выбросов является огромное количество автомобилей ранних годов выпуска, двигатели которых не соответствуют экологическим нормам ни «Евро-3», ни даже «Евро-2». Использование на таких машинах даже топлива нового качественного уровня вряд ли приведет к ожидаемым результатам. Конечно, они станут более экологичными, но насколько это будет эффективно — требует исследования.

Правительство России принимает определенные меры для исправления ситуации (программа замены старых автомобилей на новые), но эти шаги существенного изменения в ситуацию внести не могут. Очевидно, что для этого требуются более радикальные меры, которые поставят жесткий барьер на пути использования автомобилей классов Евро-0, Евро-1 и Евро-2.

Другая причина, затрудняющая стране сделать экологический «рывок» — это возможности нефтеперерабатывающих заводов. Более трети российского бензина производится по ГОСТам и не соответствуют даже стандарту «Евро-2», доля же соответствия стандарту «Евро-3» составляет около 9 %. До 75 % производимого в России дизельного топлива содержит более 0,2 % серы и не всегда соответствует даже стандарту «Евро-1». Выпуск дизельного топлива соответственно стандартов «Евро-2» и «Евро-3» предусмотрен до 31 декабря 2011 года, а «Евро-4» — до 31 декабря 2014 года.

Таким образом, основная часть загрязнений атмосферы автомобильным транспортом в России приходится на грузовые автомобили и автобусы. В ближайшие 5—8 лет резкого снижения этих загрязнений по экономическим причинам не ожидается.

Для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников (автотранспорта) необходимо:

1. Разработать территориальную комплексную схему развития транспорта в увязке с генеральным планом города, с учетом загазованности автомагистралей; провести строительство разноуровневых транспортных развязок; реконструкцию Чернавского моста и ряда автомагистралей; осуществить перераспределение транспортных потоков на наиболее разгруженных автомагистралях города; продолжить внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением типа «Зеленая волна».

2. Разработать программу по внедрению нейтрализаторов отработавших газов автотранспортных средств для установки на автомобили государственных и муниципальных учреждений (приобретение, финансирование организаций по изготовлению нейтрализаторов на городских предприятиях, создание специального фонда для финансирования установки нейтрализаторов на автомобили предприятий или введения налоговых льгот для тех, кто будет осуществлять установку нейтрализаторов за счет собственных средств).

3. Перевод автотранспорта на альтернативные экологически чистые виды топлива.

Для снижения уровня шума от автотранспорта необходимо разработать схему авторазвязок, ограничить проезд автотранспорта через центр города, предусмотреть эксплуатацию улиц-дублеров на основных магистралях. Кроме того, необходимо высаживать вдоль дорог кустарники и древесные породы. Эта мера может снизить уровень шума на 10—12 %.

Значительный ущерб окружающей среде несут мойки автомобилей в неустановленных местах, организация несанкционированных парковок и стоянок с изъятием травяного покрытия, а также стоянка автотранспорта на газонах, в скверах, парках, во дворах. Необходимо контролировать прибрежные территории Воронежского водохранилища, рек Песчанка и Усмань, места массового отдыха граждан, озелененные территории.

Есть факты незаконного строительства гаражных боксов, автосервисных объектов с пунктами мойки автотранспорта (ИП Дорохов А.Н. по ул. Матросова, 191), самозахвата территории под эксплуатацию платных автостоянок (ИП Соколов В.И. по ул. Антонова-Овсеенко, 9в и др.), а также захламления отходами и их сжигания как на площадках объектов, так и на прилегающей территории (ООО «АвтоГАЗсервис» и ООО «Воронеж-МАЗсервис» по ул. Землячки, ГСК «Монолит», ГСК «Рубин-1», ГСК «Тельмановец», ГСК «Нефтяник» и др.), нарушение правил сбора, складирования и хранения токсичных и бытовых отходов (ООО «ВНП-ТРАНС» по пер. Спокойный и др.), сброс загрязненных сточных вод с моек автотранспорта на рельеф местности; отсутствие ливневой канализации и сбора загрязненных стоков с территории транспортных предприятий и автостоянок [3, 4].

По фактам выявленных нарушений необходимо информировать полицию, городское Управление по охране окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гарин В. М.* Промышленная экология / В. М. Гарин. — М.: Маршрут, 2005. — 328 с.
2. *Алексеев В. А.* Биосфера и жизнедеятельность / В. А. Алексеев, Л. П. Алексеев. — М.: Логос, 2002. — 212 с.
3. Доклад о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности городского округа г. Воронежа в 2009 году. — Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2010. — 78 с.

4. *Козлов А. Т.* Особенности экологического кризиса на примере крупного промышленного города / А. Т. Козлов, Л. В. Тринеева, Н. Л. Прохорова // Проблемы охраны окружающей среды современного города. — Воронеж: Изд-во Кривичи, 2005. — 125 с.
5. *Комаров В.* Вверх по экологической лестнице / В. Комаров, Ф. Туровский // Автомобильная промышленность. — 2009. — №9. — С. 14—20.
6. *Robertson D. S.* / The rise in the atmospheric concentration of carbon dioxide and the effects on human health / D. S. Robertson // Current Science. — 2006. — Vol. 90, № 12, — P. 25—28.

Стуканов Вячеслав Александрович — доцент кафедры автомобильной подготовки Воронежского военного авиационного инженерного университета; тел.: (473) 227-47-89, e-mail: stuk@vmail.ru

Stukanov Vyacheslav A. — associate professor of the automobile training department of Voronezh Air Force Engineering University; tel.: (473) 227-47-89, e-mail: stuk@vmail.ru

Томилов Александр Анатольевич — кандидат военных наук, профессор кафедры автомобильной подготовки Воронежского военного авиационного инженерного университета; тел.: (473) 274-15-78, e-mail: persik-vrn@mail.ru

Tomilov Alexander A. — Candidate of Military Sciences, professor of the automobile training department of Voronezh Air Force Engineering University; tel.: (473) 274-15-78, e-mail: persik-vrn@mail.ru

Татаринов Валерий Владимирович — адъюнкт кафедры автомобильной подготовки Воронежского военного авиационного инженерного университета; тел.: (908) 144-23-17, e-mail: valery-tatarinoff@yandex.ru

Tatarinov Valery V. — post-graduate of the automobile training department of Voronezh Air Force Engineering University; tel.: (908) 144-23-17, e-mail: valery-tatarinoff@yandex.ru

Козлов Александр Тимофеевич — доктор биологических наук, профессор, начальник кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Военного авиационного инженерного университета (г. Воронеж)

Kozlov Alexander T. — Doctor of Biological Sciences, professor, the Head of the Chair of Ecology and Life Safety of Voronezh Air Force Engineering University

Пожидаева Марьяна Владимировна — научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории Воронежского военного авиационного инженерного университета

Pozhidayeva Mariana V. — research worker of research laboratory of Voronezh Air Force Engineering University