

О. С. Егорова, Э. В. Гоголь, Р. Р. Шипилова,
Ю. А. Тунакова

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДОВ

Ключевые слова: автотранспорт, транспортная составляющая выбросов, тяжелые металлы.

Развитие дорожной инфраструктуры вызывает необходимость определения точного состава выбросов вредных веществ от передвижных источников загрязнения, вклада каждой примеси в общую картину загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха и специфики рассеяния. Источниками выбросов 17 наименований металлов, являются выхлопные газы, истирание тормозных колодок и шин, причем основной вклад в загрязнение (по валовым выбросам) вносят ванадий, медь, цинк, сурьма, марганец. Максимальный объем выбросов отмечается в режиме холостого хода, при торможении и разгоне. В связи с пространственно-временными, организационными и пр. сложностями реализации экспериментального экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в зонах действия автомагистралей в настоящее время для определения вкладов автотранспортной составляющей в формируемый уровень загрязнения в основном используются расчетные методы.

Keywords: motor vehicles, transport component of emissions, heavy metals.

Development of road infrastructure causes of definition of exact structure of emissions of harmful substances from mobile sources of pollution, a contribution of each impurity to an overall picture of pollution of a ground layer of atmospheric air and specifics of dispersion. Sources of emissions of 17 names of metals, exhaust gases, abrasion of brake shoes and tires are, and the main contribution to pollution (on gross emissions) is made by vanadium, copper, zinc, antimony, manganese. The maximum volume of emissions is noted in an idling mode, during the braking and dispersal. In connection with existential, organizational and so forth difficulties of realization of experimental environmental monitoring of quality of atmospheric air in areas of coverage of highways for definition of deposits of a motor transportation component in formed level of pollution generally use now settlement methods.

Введение

Развитие дорожной инфраструктуры, планы и программы развития территорий, основанные на транспортной логистике [1, 2], вызывают необходимость изучения факторов и показателей эмиссии вредных веществ в атмосферный воздух и определения вклада каждого из них в общую картину загрязнения.

Величины загрязнения в основном зависят от топографии местности, объема перевозок, средней скорости движения транспортных средств, метеорологических и климатических условий [3-5]. Состав отходящих газов автотранспорта зависит от ряда факторов: типа двигателя и топлива, режима работы и нагрузки, технического состояния автомобиля и качества топлива.

Из выхлопных труб машин при этом может выбрасываться до 300 различных соединений, в том числе и металлов [6, 7].

Выбросы вредных веществ от автотранспорта всех типов [4] включают оксид углерода (CO), летучие органические вещества, оксиды азота, диоксид углерода (CO₂), взвешенные вещества.

Оксид углерода (CO) – бесцветный газ без запаха и вкуса, вредное вещество, образующееся при неполном сгорании топлива (окислении углерода при недостатке кислорода). Основная эмиссия CO в атмосферный воздух происходит при малых скоростях движения и при торможении. CO – прекурсор образования озона в воздухе урбанизированных территорий, который, в свою очередь является фотооксидантом, способствует

образованию кислотных дождей и «парниковому эффекту» [8, 9].

Летучие органические вещества – ансамбль вредных веществ антропогенного происхождения, кроме метана, способных, в присутствии оксидов азота и света синтезировать фотохимические загрязнители. Как и CO, они образуются при неполном сгорании топлива. Также речь идет об углеводородах, испаряющихся из бензобаков или во время заправки автомобилей, растворителях от нанесения лакокрасочных покрытий [10].

Оксиды азота (NO_x) – в городском воздухе включают монооксид азота (NO) и диоксид азота (NO₂). Монооксид азота выбрасывается непосредственно из выхлопной трубы и его образование зависит от температуры: чем она выше, тем значительнее количества образующегося монооксида азота. Этой особенностью объясняется факт увеличения выбросов NO в пробках, когда температура двигателя повышается. Монооксид азота под воздействием атмосферного воздуха окисляется менее, чем за 2 минуты до диоксида азота. Именно быстрота данной реакции относит именно диоксид азота к приоритетным загрязнителям атмосферы. Содержание диоксида азота максимально вблизи высоконагруженных автомагистралей и в центре города. Особенно высока его концентрация в условиях антициклонов и зимней термической инверсии. Оксиды азота играют значительную роль в образовании озона в нижних слоях атмосферы и в формировании кислотных дождей [11, 12].

Диоксид углерода (CO₂) – бесцветный газ без запаха, присутствующий в атмосферном воздухе

(объемная концентрация 0,0375%). Образуется при сгорании (окислении) органических соединений, имеет свойства вызывать «парниковый эффект» [13].

Диоксид серы (SO₂) – образуется при работе дизельных двигателей, что обусловлено содержанием серы в топливе. Сера, содержащаяся в дизельном топливе, окисляется до SO₂ и сульфатов (SO₄²⁻) в процессе сгорания с дальнейшим образованием серной кислоты (H₂SO₄) и солей металлов. Сульфаты занимают 5–10% от суммы твердых частиц в отработанных газах дизельных двигателей [14].

Взвешенные вещества – их образование связано со сгоранием нефтепродуктов, истиранием шин и тормозных колодок. Их обнаруживают, главным образом, в центре города, и они сочетают в себе высокую степень эмиссии и слабую дисперсию загрязнителей. В состав взвешенных веществ от выбросов автомобильного транспорта входит широкий перечень металлов, который показан в табл. 1 с указанием типа эмиссии [15, 16].

Таблица 1 - Типы эмиссии металлов от передвижных источников (0 означает отсутствие эмиссии)

№п/п	Вредное вещество	Эмиссия с выхлопными газами	Эмиссия от разрушения тормозных колодок	Эмиссия от истирания шин
1	Мышьяк (As)	+	+	+
2	Кадмий (Cd)	+	+	+
3	Хром (Cr)	+	+	+
4	Медь (Cu)	+	+	+
5	Ртуть (Hg)	+	0	0
6	Никель (Ni)	+	+	+
7	Свинец (Pb)	0	+	+
8	Цинк (Zn)	+	+	+
9	Сурьма (Sb)	0	+	+
10	Кобальт (Co)	0	+	+
11	Марганец (Mn)	+	+	+
12	Ванадий (V)	+	+	+
13	Барий (Ba)	0	+	+
14	Селен (Se)	+	+	+

Поступление металлов As, Cd, Ni, Pb, Hg, Cr, Mn, Co с выбросами передвижных источников загрязнения меньше по валовому количеству, чем от стационарных источников, о чем свидетельствуют данные, представленные в табл. 2 и на рис. 1. Однако, поступление металлов с выбросами автотранспорта происходит на малой высоте, с небольшой скоростью выхода и компоненты выбросов сразу оказываются в приземном слое воздуха, на уровне дыхания человека. А по Cu, Zn, V, Ba, Se, Sb доминирует поступление с выбросами передвижных источников загрязнения.

Таблица 2 - Валовые выбросы тяжелых металлов от секторов экономики и передвижных источников (кг/год)

№ п/п	Промышленность и энергетика	Транспорт	Ж/д транспорт	Всего
As	716	3	–	719
Cd	608	56	–	664
Ni	5315	453	–	5768
Pb	13091	689	–	13780
Hg	359	0,5	–	359,5
Cr	4051	377	–	4428
Cu	2252	24609	5577	32438
Zn	15671	15320	–	30991
Mn	6999	1097	–	8096
Co	27	11	–	38
V	908	102683	–	103591
Ba	239	567	–	806
CrVI	17	–	–	17
Se	37	65	–	102
Sb	12	2412	–	2424

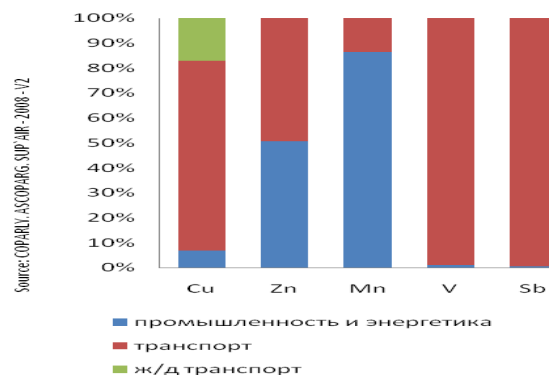


Рис. 1 - Распределение эмиссии металлов от секторов экономики и передвижных источников

Согласно результатам исследования рассеивания отработанных газов автомобилей в атмосфере, максимальные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе отмечаются в зонах, непосредственно примыкающих к проезжей части магистрали и быстро убывают с увеличением расстояния от нее. Вместе с тем, масштабы загрязнения почвы на придорожной территории оценивается неоднозначно. Одни исследователи отмечают вблизи дорог полосу загрязнения 150-300 м, другие - всего лишь 30-50 м [17-25]. Поэтому, вопрос об оценке протяженности полосы загрязнения остается актуальным.

Транспортные потоки в городах носят импульсивный характер, при котором движение с постоянной скоростью может прерываться или тормозиться, после чего следует набор скорости. Максимальные выбросы вредных веществ отмечаются в режиме холостого хода, немного меньше при торможении и разгоне, а в процессе равномерного движения они в 5-10 раз меньше. На перекрестках загрязнение выше, т.к. при движении автомобиля происходит быстрое рассеивание струи отработавших газов, а при работающем двигателе стоящего автомобиля процесс разбавления воздухом и рассеивание вредных веществ происходит при менее благоприятных условиях [26-33]

Опасность загрязнения атмосферы городов выбросами автотранспорта усугубляется тем, что систематические наблюдения за качеством воздуха в районе действия автомагистралей не проводятся вообще или эпизодичны, данные стационарных постов наблюдения не позволяют выделить вклад автотранспортной составляющей в формируемый уровень загрязнения. В связи с рядом сложностей организационного, методического экономического характера и другими в настоящее время невозможно организовать сеть мониторинга за качеством атмосферного воздуха в зонах интенсивного движения автотранспорта. Поэтому представляется целесообразным использовать расчетные методы [19, 26, 34-38].

Специфика рассеяния выбросов от автотранспорта накладывает дополнительные ограничения на методологию исследований и точность получаемых расчетных данных:

- определение величины выброса от передвижных источников возможно с довольно значительной погрешностью. Строго говоря, определение величины выброса от автомобильной магистрали представляет собой отдельную многофакторную задачу, в конечном счете, определяющую точность последующего моделирования рассеяния;

- рассеяние загрязнения от автотранспорта происходит на порядок в большей скорости убывания концентрации примеси при отдалении от источника, по сравнению со стационарными приподнятыми источниками, что несколько повышает точность моделирования, поскольку, чем дальше от источника, тем больше смещение оси факела от расчетного;

- рассеяние происходит в пределах жилой застройки, и, прежде всего, определяется аэродинамикой обтекаемых поверхностей совместно с локальным вектором скорости ветра и относительно инертно по отношению к остальным метеопараметрам [26, 39-43].

Расчетные методы позволяют построить модель загрязнения объекта окружающей среды металлами с возможностью его оценки в любой точке изучаемого пространства. Другим вариантом оценки уровня загрязнения металлами приземного слоя атмосферы в зоне действия автомагистралей является использование концентраций металлов в депонирующих средах [17, 44-51]. Оценка уровня

загрязнения атмосферы, по данным изучения загрязненности депонирующих компонентов среды, хорошо известна и вошла в РД 52.04.186-89 (п.3.4.6 «косвенные методы исследования уровня загрязнения атмосферы»).

Литература

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года, Министерство транспорта Российской Федерации, Москва(2005).
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, распоряжение Правительства Российской Федерации 1734-р (2008).
3. Les emissions dues aux transports routiers; note desyntese, realisee dans le cadre de projet 03EMISS (2007).
4. C.Hugrel, R.Joumard. Transport routier-Parc, usage et emissions des vehicules en France de 1970 a 2025. Institut National de Recherche sur des Transports et leur Securite. ADEME 01-03-035. INRETS C02-02.RapportLTE 0420 (2004).
5. Emissions routieres de polluants atmospheriques. Courbes et facteurs d'influence. SETRA, CETE deLyon, CETE Normandie-Centre (2009).
6. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2012году (2013).
7. А.Р. Шагидуллин, Р.А. Шагидуллина. *Экология и промышленность России*, 4, 51-55 (2013).
8. М. Ибатов, И. Пак, Б. Аскаров, Т. Сарсембаев, В. Шалаев. *Современные проблемы науки и образования*, 3, 42-42 (2013).
9. Е.Е. Шаталова. *Интернет-журнал Науковедение*, 4, 229 (2012).
10. Д.А. Пензерь, А.Р. Ахметова, Р.М. Муртаева, Л.В. Колчина. *Экология России: на пути к инновациям*, 37, 94-97 (2013).
11. О.В. Ложкина, В.С. Марченко, В.Р. Новиков, В.Н.Ложкин. *Двигателестроение*, 4, 35-41 (2012).
12. О.В.Ложкина, В.С. Марченко, В.Н. Ложкин, Д.А. Лакеев. *Вестник гражданских инженеров*, 5, 195-198 (2012).
13. А.С. Голубеева, Е.Р. Магарил. *Вестник УрФУ. Серия: экономика и управление*, 2, 109-117 (2012).
14. Ю.А. Тунакова, Р.А. Шагидуллина, А.Р. Шагидуллин, С.В. Новикова. *Вестник Казанского технологического университета*, 16, 3, 139-142 (2013).
15. Programme de surveillance des dioxins/furanes et metaux lourds dans les retombees atmospheriques et l'airambient. Etude, financee par les partenaires du programme de surveillance ASCOPARG, SUP'AIR, COPARLY (2009).
16. Ю.А. Тунакова, Р.А. Шагидуллина, А.Р. Шагидуллин. *Вестник Казанского технологического университета*, 16, 11, 51-54 (2013).
17. В.В. Добровольский. *География микроэлементов. Глобальное рассеяние*. Мысль, Москва, 1983, 272 с.
18. Д.Ж. Бериня, Л.В. Карелина, В.А. Цекулина. *Загрязнение природной среды выбросами автотранспорта*. Рига: Зинатне, 1980. С. 18-27.
19. А.С. Белявский, О.А. Ставров, В.Т. Григорьян. *Вопросы развития и планирования технических средств транспорта*. Москва, 1980. С.186-193.
20. В.В. Быстрых, В.М. Боев, Е.Л. Борщук, В.Н. Дунаев. *Экология большого города*. Пермь, 1996. С.14-15.
21. П.А. Балтернас. *Экология и промышленность России*, 8, 41-44 (2003).
22. В.П. Подольский, В. Г.Артюхов, В. С. Турбин, А. Я. Канищев. *Автотранспортное загрязнение придорож-*

- ных территорий. Издательство ВГУ, Воронеж, 1999, 264 с.
23. В.П. Подольский. *Дорожная экология*. Союз, Москва, 1997. 196 с.
 24. Ф. Хисек. *Международная конференция ВМО по моделированию загрязнения атмосферы*. Москва, 1986.
 25. R. Alary, J. Donati, H. Viellard. 3-rd International Symposium (Avignon, France 6 -10 June 1994). ActesINRETS. Vol 1. P. 41 -48.
 26. Н.С. Буренин. Тр. ГГО, 467, 74-80 (1983).
 27. В.М. Полонский, С.М. Пулинг, С.М. Богучук. *3 международная НПК конференция*. Самара, 2002. С. 177-180.
 28. А.П. Гусаров, М.Е. Вайсблом. *Автомобильная промышленность*, 2, 34-37 (2000).
 29. В.Н. Луканин, Ю.В.Трофименко. *Итоги науки и техники. ВИНТИ, Автомобильный транспорт*. 19, 340 (1996).
 30. А.Б. Дьяков, Ю.А. Игнатьев, Е.П. Копшин. *Экологическая безопасность транспортных потоков*. Транспорт, Москва, 1989. 178 с.
 31. А.Н. Huber. *Atmos. Environ.* (1998)
 32. Ф. Хисек. *Международная конференция ВМО по моделированию загрязнения атмосферы*. Москва, 1986.
 33. W. Mauch. *ATZ*, 2, 116-124 (1994).
 34. А.Н. Маренко. В сб. *Вопросы мониторинга природных сред и климата*. Гидрометиздат, Москва, 1987. С. 112-117.
 35. *Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения городов* (утверждена приказом Госкомэкологии России № 66 от 16 февраля 1999 г.). НИИ Атмосфера, Санкт-Петербург, 1999. 16 с.
 36. *Методика определения массы выбросов загрязняющих веществ автомобильными средствами в атмосферный воздух*. Гос.НИИавтомобтрансп. (НИИАТ), Москва, 1993. 22 с.
 37. *Методика расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях*. Издательство Минтранспорта РФ, Москва, 1997. 55 с.
 38. *Методические указания по оценке воздействия на окружающую среду объектов транспортно-дорожного комплекса*. НИИАГ, Москва, 1995. 23 с.
 39. М.Е. Берлянд. *Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы*. Гидрометеиздат, Ленинград, 1985. 272 с.
 40. В.В. Балакин. *Гигиена и санитария*, 6, 5-7 (1980).
 41. Ю.В. Трофименко. *Транспорт: наука, техника, управление*, 6 (1995).
 42. Хунас Каси: Автореф. дисс. канд. техн. наук, Москва, 2004. 20 с.
 43. Р.Якимов: Автореф. дисс. канд. техн. наук, Пермь, 2004. 20 с.
 44. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. ИМГРЭ, Москва, 1982. 112 с.
 45. *Эколого-геохимическая оценка различных регионов страны*. ИМГРЭ, Москва, 1991. 154 с.
 46. А.И. Обухов, О.М. Лепнева. *Почвоведение*, 5, 65-73 (1989).
 47. Ю.А. Сает, Б.А. Ревич. *Серия географическая*, 4, 37-46 (1988).
 48. Е.П. Сорокина, А.П. Пронин, М.А. Сакова. Вторая Всесоюзной конференция. Москва, 1988. С. 176-179.
 49. Н.С. Касимов, В.В. Батоян, Т.М. Белякова, О.В. Моисеенков, Ю.И. Пиковский, Ю.В. Проскуряков. *Вестник МГУ. Сер. География*, 3, 3-12 (1990).
 50. А.В. Дончева, Л.К. Казаков, В.Н. Калущков. *Ландшафтная индикация загрязнения природной среды*. Экология, Москва, 1992. 256 с.).
 51. Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова, Р.А. Шагидуллина, Ю.А. Шмакова. *Вестник Казанского технологического университета*, 12, 71-74 (2012).

© **О. С. Егорова** – ст. препод. каф. общей химии и экологии КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ, egorova_olechka@yandex.ru; **Э. В. Гоголь** – канд. хим. наук, доцент той же кафедры, ellinagogol@bk.ru; **Р. Р. Шипилова** – ст. препод. той же кафедры, g_rimmochka@mail.ru; **Ю. А. Тунакова** – д-р хим. наук, проф. каф. технологии пластических масс КНИТУ, juliaprof@mail.ru.