

УДК [621.43:574.2](048.8)

## ВЫБРОСЫ АВТОТРАНСПОРТА И ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА (обзор литературы)

© 2016 г. К. С. Голохваст, В. В. Чернышев, С. М. Угай

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Обзор посвящен анализу новейших данных об исследовании гигиенических аспектов влияния твердых и газообразных компонентов выхлопов автомобилей на здоровье человека и окружающую среду современного города. Рассматривается история изучения влияния компонентов выхлопов автотранспорта на здоровье людей и окружающую среду с 1930 по 2014 год. По данным литературы выделены наиболее опасные компоненты выхлопов: газы ( $SO_3$ ,  $NO_x$ ), полиароматические углеводороды (пирен, фенантрен, аценап-тилен и флуорантен), твердые частицы  $PM_1$  и  $PM_{2.5}$  (сажа, пеплы, оксиды и соли металлов). Показано, что перевод автотранспорта на новые типы топлива (биодизель, гибридные электроустановки, биоэтанол) не уменьшают вредного воздействия выхлопов на экологию города и здоровье человека. Механизм отрицательного действия выхлопов двигателей, по данным литературы, заключается в индукции местной воспалительной реакции в дыхательных путях, а затем системном воспалительном ответе. Были использованы материалы статей в базе данных Scopus ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), Web of Science (<http://ip-science.thomsonreuters.com>), Biological Abstracts (<http://ip-science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jloptions.cgi?PC=BA>), PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>). Обзор литературы показал, что, несмотря на многочисленные зарубежные и отечественные исследования, решения проблемы снижения негативного воздействия выхлопов автотранспорта на экологию города и здоровье человека не выработано.

**Ключевые слова:** выхлопы, автомобили, микрочастицы,  $PM_1$  и  $PM_{2.5}$ , экологический фактор

## CAR EXHAUSTS AND HUMAN ECOLOGY (Literature review)

K. S. Golokhvast, V. V. Chernyshev, S. M. Ugay

Far East Federal University, Vladivostok, Russia

The review is devoted to the analysis of the latest data on research of hygienic aspects of influence of firm and gaseous components of car exhausts on human and environmental health in modern cities. The history of studying of impact of motor transport exhausts components on human health and environment from 1930 to 2014 has been considered. According to literature data, the most dangerous components of exhausts have been separated: gases ( $SO_3$ ,  $NO_x$ ), polyaromatic hydrocarbons (pyrene, phenantrene, acenaptilene and fluorantene), firm particles of  $PM_1$  and  $PM_{2.5}$  (soot, ashes, oxides and salts of metals). It has been shown that motor transport conversion to new types of fuel (biodiesel, hybrid electric installations, bioethanol) didn't reduce harmful effects of exhausts on ecology. The mechanism of negative effects of engine exhausts, according to literature, consists of induction of a local inflammatory reaction in airways, and then – in a system inflammatory response. The materials of the articles in the Scopus database ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), Web of Science (<http://ip-science.thomsonreuters.com>), Biological Abstracts were used (<http://ip-science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jloptions.cgi?PC=BA>), PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>). The review of literature has shown that despite numerous foreign and domestic studies, solutions of the problem of a decrease in negative impact of motor transport exhausts on city ecology and human health was not developed.

**Keywords:** exhaust, cars, microparticles, ecological factor

### Библиографическая ссылка:

Голохваст К. С., Чернышев В. В., Угай С. М. Выбросы автотранспорта и экология человека (обзор литературы) // Экология человека. 2016. № 1. С. 9–14.

Golokhvast K. S., Chernyshev V. V., Ugay S. M. Car Exhausts And Human Ecology (Literature review). *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 1, pp. 9-14.

Как известно, история предшественников автомобиля началась ещё в середине XVIII века с момента созданием паросиловых машин, способных перевозить человека. В начале XIX века появились машины, приводимые в движение двигателями внутреннего сгорания, работавшими на английском горючем газе, электричестве, а позже на бензине и дизельном топливе.

Исследования влияния автомобильного транспорта на атмосферу городов и выхлопных газов на людей системно проводятся с середины XX века и продолжают до сих пор [7, 10–12, 14, 15, 18, 19, 21].

На сегодняшний день, несмотря на то, что ведется большое количество исследований в разных странах и делаются попытки снизить вред выхлопов двигателей внутреннего сгорания (в том числе благодаря новым стандартам топлива), автотранспорт остается самым сильным фактором загрязнения атмосферы города.

В России проблемой экологии на автомобильном транспорте начали заниматься в конце 1960-х годов в Центральном научно-исследовательском автомобильном и автомоторном институте (НАМИ, создан в 1918 г.) и научно-исследовательском институте автомобильного транспорта (НИИАТ, создан в

1930 г.). В 1970 году начала функционировать лаборатория токсичности на автополигоне НАМИ, и в этом же году был введен в действие первый ГОСТ, регламентирующий содержание оксида углерода в отработавших газах бензиновых двигателей в эксплуатации, а 25 июня 1980 года в СССР был принят закон «Об охране атмосферного воздуха», в котором нашло отражение законодательное регулирование количества загрязняющих веществ от автомобильного транспорта [8].

В результате уже первых работ [5] было установлено, что отработавшие газы автомобильных двигателей представляют серьезную опасность для здоровья людей, а подверженность водителей, да и всех окружающих высоким концентрациям загрязнения воздуха токсичными веществами может способствовать серьезному отравлению, грозить потерей сознания и смертью.

Считается, что автомобиль загрязняет среду еще на стадии производства, требуя для него большого количества ресурсов и энергии [22, 23, 34, 43, 47].

По данным литературы [4, 13], в крупных городах наблюдается явление типа фотохимического тумана, возникающего в загрязненном воздухе, который затрудняет фотосинтез растений примерно в 1,5–2 раза. Автомобили для парковки требуют значительной территории (20 м<sup>2</sup> на один автомобиль), что приводит к вытеснению зеленых насаждений и ухудшению качества воздуха [2]. Над крупными городами наблюдается выпадение кислотных дождей, возникающих в результате соединения отходов автомобилей с дождевыми осадками. В результате фотохимических реакций с участием солнечного света оксид азота образует диоксид азота, который вместе с углеводородом является причиной образования смогов [9].

Опасность выбросов вредных веществ от автотранспорта для здоровья населения во многом определяется тем, что они осуществляются в приземном слое не только в непосредственной близости, но и внутри жилых зон, внутри дворовых территорий микрорайонов. Широкое распространение автотранспорта в городской среде затрудняет территориальную привязку данного источника атмосферных загрязнений к определенным жилым зонам. Вместе с тем различия в уровне антропогенной нагрузки вследствие деятельности транспорта могут быть определены по структуре и уровню интенсивности движения на изучаемых автомагистралях, по средней интенсивности движения в жилых районах города [16].

Частицы выхлопных газов представляют собой сложную смесь, которая зависит от работы двигателя, состава топлива, смазочного масла, средства очистки выхлопных газов. Многие элементы, такие как V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, широко распространены в твердых компонентах выхлопных газов и поэтому предположительно являются важным источником токсичных веществ [28].

Загрязнение атмосферы происходит не только выхлопными газами, но и пылью, шумовым, тепловым

загрязнениями [1, 17]. В настоящее время для оперативного контроля шумовой обстановки применяют ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий». На основании этого ГОСТа составляют оперативные шумовые карты городов.

Большинство работ содержат сведения об отдельных населенных пунктах, например города Афины [49]. Были исследованы концентрации металлов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в районе центра Афин, характеризующемся тяжелой автотранспортной нагрузкой и высокой плотностью населения. Кроме того, авторы собрали и проанализировали образцы дизельных и бензиновых выхлопных частиц транспортных средств (автобусы, такси и частные автомобили) и труб теплоэнергоцентралей. Был показан сезонный эффект для распределения по размерам аэрозольной массы со сдвигом в сторону мелких фракций в зимний период. Наиболее часто встречались металлы: Fe, Pb, Zn, Cu, Cr, V, Ni и Cd. Анализ 16 ПАУ, показали, что они в основном связаны с дорожным движением. Наиболее распространенными ПАУ были пирен, фенантрен, аценаптилен и флуорантен, которые связаны с дизельными и бензиновыми выхлопными частицами [49]. Большинство соединений ПАУ, как показывают эксперименты, обладают канцерогенными и мутагенными свойствами [25, 31].

Отмечено, что с точки зрения здоровья человека наиболее вредоносным действием обладают такие компоненты выхлопных газов, как твердые нано- и микрочастицы сажи, озон, угарный газ, оксиды серы и, как недавно было показано, углеродные наноматериалы [50]. При сгорании топливной смеси образуются углеродистые частицы с размерами от 1 до 300 нм. Кроме этого в состав частиц входят различные металлы, которые попадают туда от износа двигателя и элементов систем очистки выхлопных газов [29]. Достоверно показаны последствия влияния твердых частиц на смертность людей. Была установлена связь концентрации взвешенных частиц PM<sub>2.5</sub> со смертностью людей и количеством сердечно-сосудистых заболеваний [35].

Твердые частицы выхлопных газов изучены меньше с точки зрения как их состава, так и мест концентрации. Так, коллектив авторов [37] исследовал влияние частиц PM<sub>1</sub> и PM<sub>2.5</sub> на дорожных рабочих, работников туннелей и гаражных мастерских. Было установлено, что наибольшие концентрации мелких частиц сосредоточены в туннелях и автобусных парках. Естественно, работники этих мест попадают в группу наибольшего риска. Было показано, что твердые частицы выхлопов состоят из сердцевины элементарного углерода, органических веществ, образующихся при сгорании и следов соединений металлов (чаще сульфатов). При формировании частицы очень малы по размеру, но затем они агрегируют и образуют более крупные частицы.

Микрочастицы (например, PM<sub>2.5</sub>) состоят из многих органических и неорганических соединений, в том

числе сульфатов, нитратов, органического углерода и элементарного углерода, земляной пыли и биологических материалов (пыльца). Частицы ( $PM_{10}$ ) преимущественно состоят из минералов и горных пород (кальций, алюминий, кремний, магний, железо), первичных органических материалов (пыльца, споры грибов, растения и животные остатки) [38]. Некоторые компоненты, такие как нитраты и калий, являются общими для  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ , хотя источники образования различны. Эти характеристики частиц в сочетании с различной скоростью и глубиной осаждения в легких могут иметь различные биологические эффекты и токсичность [35].

В процессе работы двигателей вырабатываются наночастицы различной природы: сажевые, металлические и углеродные [41, 42]. Неорганические соединения переходных металлов, таких как железо, цинк, медь, никель, платина, которые обнаруживаются в выхлопах дизельных двигателей, могут играть важную роль в иммунотоксичности частиц [50]. Исследователи наночастиц металлов, содержащихся в выхлопных газах автомобилей [38], отмечали их потенциальную опасность для здоровья; кроме этого ряд авторов отметил высокую токсичность и канцерогенность наночастиц металлов вследствие огромной площади поверхности высоким адгезионным и сорбционным силам [24].

Отмечается, что продукты выхлопов ухудшают важные аспекты функции сосудистой системы в организме человека, такие как регуляция сосудистого тонуса и эндогенного фибринолиза. Эти данные показывают механизм, который связывает загрязнение воздуха в патогенезе атеротромбоза с острым инфарктом миокарда [39]. Было показано, что твердые частицы эмиссии дизеля индуцируют выраженную воспалительную реакцию в дыхательных путях с повышенной экспрессией цитокинов (IL-8 и G $\gamma$ - $\alpha$ ) у здоровых людей [46].

Загрязнение воздуха могут вызывать и входящие в состав топлива примеси, в первую очередь соединения серы. Ее содержание в некоторых видах дизельного топлива может достигать 6 %. При сжигании такого топлива образуется диоксид серы. Растворяясь в капельках воды, которые конденсируются вокруг частиц дыма, диоксид серы существенно снижает ее pH. «Кислотный туман» опасен для здоровья, он оказывает вредное воздействие на растения и животных, вызывает разрушение металлов и строительных материалов [3].

Одним из основных канцерогенов, по мнению некоторых авторов, является не эмиссия двигателя, а износ шин и дорожного полотна [20]. По их данным, в городах одним из источников поступления канцерогенных веществ в окружающую среду являются пневматические шины автотранспорта, которые изнашиваются и стареют под действием климатических условий и режимов движения автомобилей. В шинной пыли присутствуют более 140 химических соединений различной степени токсичности. Особенно опасны

полиароматические углеводороды и летучие канцерогены (N-нитрозамины). Исследования качества воздуха вблизи автодорог показало, что в 1 м<sup>3</sup> воздуха находится 3 800–6 900 резиновых фрагментов, из них 58 % имеют размеры менее 10 мкм, легко проникают в верхние дыхательные пути и поражают их.

Достаточно давно изучается способность частиц тяжелых металлов накапливаться в почве и сельскохозяйственных культурах [6, 48]. В придорожной пыли и почвах, а также на листьях растений содержатся ионы таких металлов, как Fe, Al, Zn, Mn, Sr, Pb, Ba, Cu. Установлено также, что вследствие небольшого размера частички металла имеют высокую адгезию и через придорожную пыль, почву, растения передаются людям, домашним и диким животным [45].

Отмечается высокая биодоступность элементов автомобильных катализаторов и тяжелых металлов на примере Pt, Pd и Rh. Доступность Pt составила 68 %, а Pd, Rh еще выше в связи с тем, что этим металлы образуют подвижные растворимые комплексы [26]. Металлопосредованное образование свободных радикалов вызывает различные изменения в нуклеиновых кислотах, повышение перекисного окисления липидов [27].

В настоящее время основным источником загрязнения воздуха являются бензиновые двигатели. Считается, что эмиссия дизельных двигателей является более токсичной [29, 30, 36, 40, 44].

Группой американских ученых проводилась оценка влияния различных типов двигателей, работающих на разных видах топлива, на окружающую среду. Было установлено, что перевод двигателей на этанол или другие виды топлива не даёт должного экологического эффекта, а, наоборот, приводит к большему загрязнению среды. Доказано, что использование биотоплива или гибридных видов транспорта может снизить эмиссию CO<sub>2</sub> до 90 %, но при этом эмиссия  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  может увеличиться в 10 раз. Это связано с тем, что для производства растительной основы для биотоплива используются мощные комбайны и другая сельхозтехника, выбросы от которой очень значительны [32].

Такие же исследования проводились в Китае, и было доказано, что для зарядки гибридных и электромобилей требуется энергия, для производства которой сжигается большое количество угля, что приводит к еще большему загрязнению атмосферы [33].

О серьезности влияния выбросов автомобильного транспорта говорит тот факт, что Евросоюзом каждый год пересматриваются директивы в плане снижения уровня выброса токсичных веществ в атмосферу, проводится запрет на эксплуатацию автомобилей, не соответствующих экологическим требованиям, а в США на уровне конгресса ограничивается движение автотранспорта по определенным улицам в качестве меры снижения уровня загрязнений в тех районах городов, где наиболее худшая ситуация [30]. В качестве вывода необходимо отметить, что пока решения данной экологической проблемы нет.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда ДВФУ (15-14-20032).

#### Список литературы

1. Аксенов И. Я., Аксенов В. И. Транспорт и охрана окружающей среды. М. : Транспорт, 1986. 176 с.
2. Анфимов В., Гольдман Е. Автотранспорт и экология городов Израиля. Иерусалим, 2012. 174 с.
3. Архипов В. А., Шереметьева У. М. Аэрозольные системы и их влияние на жизнедеятельность. Томск : Изд-во ТомГПУ, 2007. 136 с.
4. Вершинин В. Л. Экология города. Екатеринбург : Изд-во УрГУ, 2005. 82 с.
5. Вигдорчик Н. А. Профессиональная патология. М. ; Л. : Гос. мед. изд-во, 1930. 370 с.
6. Голикова Н. А., Новикова О. А., Овчинникова Р. И. Содержание тяжелых металлов в плодах яблони, выращенных в черте города Курска // Аграрный вестник Урала. 2011. № 2. С. 43–44.
7. Голубев И. Р., Новиков Ю. В. Окружающая среда и транспорт. М. : Транспорт, 1987. 206 с.
8. Гутаревич Ф. Ю. Исследование токсичных выбросов автомобилей в эксплуатационных условиях // Проблемы машиностроения. 1983. № 20. С. 53–57.
9. Гухман Г. Воздействие транспортного комплекса на окружающую среду // Энергия. 1999. № 11. С. 42–45.
10. Даценко И. И. Загрязнение окисью углерода воздуха кабин автомобилей и улиц г. Львова и влияние ее на организм работников автоинспекции : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Львов, 1955. 16 с.
11. Жданов Л. С. Снижение влияния транспортных потоков на загрязнение атмосферы в городах : дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1984. 160 с.
12. Забежинский М. А. Роль автотранспорта в загрязнении атмосферного воздуха канцерогенными углеводородами : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 1965. 17 с.
13. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. Л. : Гидрометеиздат, 1979. 375 с.
14. Лыкова А. С. Загрязнение воздуха городских улиц окисью углерода и ее вредное влияние : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Л., 1953. 16 с.
15. Парцеф Д. П. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами автотранспорта (на примере Москвы) : дис. ... канд. мед. наук. Москва, 1967. 193 с.
16. Платонов А. П. Экологическая безопасность автодорожного комплекса // Сборник докладов 5-й Международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб., 2002. С. 151–153.
17. Половинкина Ю. С. Шумовое загрязнение окружающей среды урбанизированных территорий (на примере города Волгограда) // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 76 (02). С. 1–10.
18. Рябиков Н. А. Оценка влияния условий движения автомобилей на загрязнение воздуха отработавшими газами двигателей : дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1984. 190 с.
19. Санник А. О. Комплексная оценка влияния динамических характеристик автотранспортного потока на уровень загрязнения окружающей среды города : дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2005. 130 с.
20. Хесин А. И., Скюдатин М. Е., Ушмодин В. Н. Канцерогенная опасность автомобильных шин // Национальная безопасность и геополитика России. 2003. № 10–11. С. 51–52.
21. Якубовский Ю. Б. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды. М. : Транспорт, 1979. 199 с.
22. Amato F., Pandolfi M., Moreno T. et al. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities // Atmospheric Environment. 2011. Vol. 45, N 37. P. 6777–6787.
23. Borrás E., Tortajada L. A., Vázquez M. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbon exhaust emissions from different reformulated diesel fuels and engine operating conditions // Atmospheric Environment. 2009. N 43. P. 5944–5952.
24. Chen L. C., Lippman M. Effects of metals within ambient air particulate matter (PM) on human health // Inhalation Toxicology. 2009. N 21. P. 1–31.
25. Christensen A., Ostman C., Westerholm R. Ultrasound-assisted extraction and on-line LC–GC–MS for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in urban dust and diesel particulate matter // Journal of Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2005. Vol. 381. P. 1206–1216.
26. Colombo C., Monhemius A. J., Plant J.A. Platinum, palladium and rhodium release from vehicle exhaust catalysts and road dust exposed to simulated lung fluids // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2008. Vol. 71(3). P. 722–730.
27. Corradi M., Mutti A. Metal ions affecting the pulmonary and cardiovascular systems // Met Ions Life Sci. 2011. N 8. P. 81–105.
28. Davidson C. I., Osborn J. F. The sizes of airborne trace metal-containing particles / In J. O. Nriagu & C. I. Davidson (Eds.), Toxic metals in the atmosphere. New York : Wiley, 1986. P. 355–390.
29. Di Iorio S., Magno A., Mancaruso E. et al. Engine performance and emissions of a small diesel engine fueled with various diesel/RME blends // SAE Technical Paper. 2014. N 2014-32-0135.
30. Ewing R., Walters J. Measuring the benefits of compact development on vehicle miles and climate change // Environmental Practice. 2009. Vol. 11 (3). P. 196–208.
31. Huang X., Olmez I., Aras N. K. et al. Emissions of trace elements from motor vehicles: potential marker elements and source composition profile // Atmos Environ. 1994. Vol. 28. P. 1385–1391.
32. Huo H., Wu Y., Wang M. Total versus urban: Well-to-wheels assessment of criteria pollutant emissions from various vehicle/fuel systems // Atmospheric Environment. 2009. N 43. P. 1796–1804.
33. Huo H., Zhang Q., Wang M. Q. et al. Environmental implication of electric vehicles in China // Environ. Sci. Technol. 2010. N 44. P. 4856–4861.
34. Kam W., Liacos J. W., Schauer J. J. et al. Size-segregated composition of particulate matter (PM) in major roadways and surface streets // Atmospheric Environment. 2012. Vol. 55. P. 90–97.
35. Kan H., London S. J., Chen G. et al. Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China // Environment International. 2007. N 33. P. 376–384.
36. Langrish J. P., Unosson J., Bosson J. et al. Altered nitric oxide bioavailability contributes to diesel exhaust inhalation-induced cardiovascular dysfunction in man // J. Am. Heart. Assoc. 2013. Vol. 2 (1). e004309.
37. Lewne M., Plato N., Gustavsson P. Exposure to particles, elemental carbon and nitrogen dioxide in workers exposed to motor exhaust // Ann. Occup. Hyg. 2007. Vol. 51, N 8. P. 693–701.
38. Lin C.-C., Chen S.-J., Huang K.-L. et al. Characteristics of Metals in Nano/Ultrafine/Fine/Coarse Particles Collected

Beside a Heavily Trafficked Road // Environmental Science & Technology. 2005. Vol. 39, N 21. P. 8113–8122.

39. Lucking A. J., Lundback M., Mills N. L. et al. Diesel exhaust inhalation increases thrombus formation in man // Eur. Heart. J. 2008. Vol. 29 (24). P. 3043–3051.

40. Lundbäck M., Mills N. L., Lucking A. et al. Experimental exposure to diesel exhaust increases arterial stiffness in man // Part. Fibre. Toxicol. 2009. N 6. P. 7.

41. Mastrofrancesco A., Alfè M., Rosato E. et al. Proinflammatory effects of diesel exhaust nanoparticles on scleroderma skin cells // Journal of Immunology Research, 2014. Vol. 2014. P. 138751.

42. Mathis U., Mohr M., Zenobi R. Effect of organic compounds on nanoparticle formation in diluted diesel exhaust // Atmos. Chem. Phys. 2004. N 4. P. 609–620.

43. Mathissen M., Scheer V., Kirchner U. et al. Non-exhaust PM emission measurements of a light duty vehicle with a mobile trailer // Atmospheric Environment, 2012. Vol. 59. P. 232–242.

44. Mills N. L., Miller M. R., Lucking A. J. et al. Combustion-derived nanoparticulate induces the adverse vascular effects of diesel exhaust inhalation // Eur Heart J. 2011. Vol. 32 (21). P. 2660–2671.

45. Qiao M., Cai C., Huang Y. et al. Characterization of soil heavy metal contamination and potential health risk in metropolitan region of northern China // Environ. Monit. Assess. 2011. Vol. 172 (1–4). P. 353–365.

46. Pourazar J., Blomberg A., Kelly F. J. et al. Diesel exhaust increases EGFR and phosphorylated C-terminal Tyr 1173 in the bronchial epithelium // Part Fibre Toxicol. 2008. N 5. P. 8.

47. Puliafito S. E., Castro F., Allende D. Air-quality impact of PM10 emission in urban centers // International Journal of Environment and Pollution. 2011. Vol. 46, Iss. 3-4. P. 127–143.

48. Valavanidis A., Fiotakis K., Vlahogianni T. et al. Characterization of atmospheric particulates, particle-bound transition metals and polycyclic aromatic hydrocarbons of urban air in the centre of Athens (Greece) // Chemosphere. 2006. Vol. 65. P. 760–768.

49. Wang J., Pui D. Y. H. Dispersion and filtration of carbon nanotubes (CNTs) and measurement of nanoparticle agglomerates in diesel exhaust // Chemical Engineering Science. 2013. Vol. 85. P. 69–76.

50. Zelikoff, J. T., Schermerhorn K. R., Fang K. et al. A role for associated transition metals in the immunotoxicity of inhaled ambient particulate matter // Environmental Health Perspectives. 2002. Vol. 110, Suppl. 5. P. 871–875.

#### References

1. Aksenov I. Ya., Aksenov V. I. *Transport i ohrana okruzhayushchey sredy* [Transport and environmental protection]. Moscow, Transport Publ., 1986, 176 p.

2. Anfimov V., Goldman E. *Avtotransport i ekologiya gorodov Izraelya* [Autotransport and ecology of the cities of Israel]. Jerusalem, 2012, 174 p.

3. Arkhipov V. A., Sheremetyeva U. M. *Aerozolnye sistemy i ih vliyaniye na zhiznedeятelnost* [Aerosol systems and their influence on vitality]. Tomsk, 2007, 136 p.

4. Vershinin V. L. *Ekologiya goroda* [Ecology of the city]. Yekaterinburg, 2005, 82 p.

5. Vigdorichik H. A. *Professionalnaya patologiya* [Professional pathology]. Moscow, Leningrad, State Medical Publishing House, 1930, 370 p.

6. Golikova N. A., Novikova O. A., Ovchinnikova R. I. The

content of heavy metals in the fruits of an apple-tree which are grown up within the city of Kursk. *Agrarnyi bulletin Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2011, 2, pp. 43-44. [in Russian]

7. Golubev I. R., Novikov Yu. V. *Okruzhayushchaya sreda i transport* [Environment and transport]. Moscow, Transport Publ., 1987, 206 p.

8. Gutarevich F. Yu. Research of toxic emissions of cars in operational conditions. *Problemy mashinostroeniya* [Mechanical engineering problems], 1983, 20, pp. 53-57. [in Russian]

9. Gukhman G. Impact of a transport complex on environment. *Energiya* [Energy], 1999, 11, pp. 42-45. [in Russian]

10. Datsenko I. . *Zagryaznenie monoksidov ugleroda vozduha kabin mashin i ulits Lvova i ego vliyaniye na organism rabotnikov avtoinspektzii*. Kand. diss. [Pollution by carbon monoxide of air of cabins of cars and streets of Lviv and its influence on an organism of employees of traffic police. Cand. Diss.]. Lviv, 1955, 16 p.

11. Zhdanov L. S. *Snizhenie vliyaniya transportnykh potokov na zagryaznenie atmosfery v gorodakh*. Kand. diss. [Decrease in influence of transport streams on pollution of the atmosphere in the cities. Cand. Diss.]. Moscow, 1984, 160 p.

12. Zabezinsky M.A. *Rol avtotransporta v zagryaznenii atmosfernogo vozduha kantserogennymi uglevodородami*. Cand. Diss. [Role of motor transport in pollution of atmospheric air cancerogenic hydrocarbons. Cand. Diss.]. Moscow, 1965, 17 p.

13. Izrael Yu. A. *Ekologiya i coolrol sostoyaniya prirodnoy sredy* [Ecology and control of a environmental condition]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1979, 375 p.

14. Lykova A. S. *Zagryaznenie vozduha gorodskih ulits okisiyu ugleroda i ee vrednoye vliyaniye*. Kand. diss. [Air pollution of city streets carbon monoxide and its adverse effect. Cand. Diss.]. Leningrad, 1953, 16 p.

15. Partsef D. P. *Gigienicheskaya otsenka zagryazneniya atmosfernogo vozduha vyhlopnymy gazami avtotransporta (na primere Moskovy)*. Kand. diss. [A hygienic assessment of pollution of atmospheric air exhaust gases of motor transport (on the example of Moscow). Cand. Diss.]. Moscow, 1967, 193 p.

16. Platonov A. P. *Ekologicheskaya bezopasnost avtodorozhnogo kompleksa* [Ecological safety of a road complex]. In: *Materialy 5 mezhdunarodnoy konferencii "Organizatsia i bezopasnost dvizheniya v bolshih gorodakh"*, Sankt-Peterburg, 2002. [Abstracts of 5th International conference "The Organization and Traffic Safety in the Large Cities". Saint Petersburg, 2002]. Pp. 151-153.

17. Polovinkina Yu. S. Noise environmental pollution of the urbanized territories (on the example of the Volgograd city). *Nauchnyi Zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubGAU]. 2012, 76 (02), pp. 1-10. [in Russian]

18. Ryabikov N. A. *Otsenka vliyaniya usloviy dvizheniya avtomobiley na zagryaznenie vozduha otrabotavshimi gazami*. Kand. diss. [Assessment of influence of traffic conditions of cars on air pollution by the fulfilled gases of engines. Cand. Diss.]. Moscow, 1984, 190 p.

19. Sannik A. O. *Kompleksnaya otsenka vliyaniya dinamicheskikh harakteristik avtotransportnogo potoka na uroven zagryazneniya okruzhayushchey sredy goroda*. Kand. diss. [Complex assessment of influence of dynamic characteristics of a motor transportation stream on the level of environmental pollution of the city. Cand. Diss.]. Tyumen, 2005, 130 p.

20. Khesin A. I., Skudatin M. E., Ushmodin V. N. Cancerogenic danger of car tires. *Natsionalnaya bezopasnost i geopolitika Rossii* [National security and geopolitics of Russia], 2003, 10-11, pp. 51-52. [in Russian]
21. Yakubovsky Yu. B. *Avotransport i zashita okruzhayushey sredy* [Motor transport and environment protection]. Moscow, Transport Publ., 1979, 199 p.
22. Amato F., Pandolfi M., Moreno T. et al. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities. *Atmospheric Environment*. 2011, 45 (37), pp. 6777-6787.
23. Borrás E., Tortajada L.A., Vázquez M. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbon exhaust emissions from different reformulated diesel fuels and engine operating conditions. *Atmospheric Environment*. 2009, 43, pp. 5944-5952.
24. Chen L. C., Lippman M. Effects of metals within ambient air particulate matter (PM) on human health. *Inhalation Toxicology*. 2009, 21, pp. 1-31.
25. Christensen A., Ostman C., Westerholm R. Ultrasound-assisted extraction and on-line LC-GC-MS for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in urban dust and diesel particulate matter. *Journal of Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2005, 381, pp. 1206-1216.
26. Colombo C., Monhemius A. J., Plant J. A. Platinum, palladium and rhodium release from vehicle exhaust catalysts and road dust exposed to simulated lung fluids. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2008, 71 (3), pp. 722-730.
27. Corradi M., Mutti A. Metal ions affecting the pulmonary and cardiovascular systems. *Met Ions Life Sci.* 2011, 8, pp. 81-105.
28. Davidson C. I., Osborn J. F. The sizes of airborne trace metal-containing particles / In J. O. Nriagu & C. I. Davidson (Eds.), *Toxic metals in the atmosphere*. New York, Wiley, 1986, pp. 355-390.
29. Di Iorio S., Magno A., Mancaruso E. et al. Engine performance and emissions of a small diesel engine fueled with various diesel/RME blends. *SAE Technical Paper*. 2014, N 2014-32-0135.
30. Ewing R., Walters J. Measuring the benefits of compact development on vehicle miles and climate change. *Environmental Practice*. 2009, 11 (3), pp. 196-208.
31. Huang, X., Olmez I., Aras N.K. et al. Emissions of trace elements from motor vehicles: potential marker elements and source composition profile. *Atmospheric Environment*. 1994, 28, pp. 1385-1391.
32. Huo H., Wu Y., Wang M. Total versus urban: Well-to-wheels assessment of criteria pollutant emissions from various vehicle/fuel systems. *Atmospheric Environment*. 2009, 43, pp. 1796-1804.
33. Huo H., Zhang Q., Wang M. Q. et al. Environmental Implication of Electric Vehicles in China. *Environ. Sci. Technol.* 2010, 44, pp. 4856-4861.
34. Kam W., Liacos J. W., Schauer J. J. et al. Size-segregated composition of particulate matter (PM) in major roadways and surface streets. *Atmospheric Environment*, 2012, 46, pp. 90-97.
35. Kan H., London S. J., Chen G. et al. Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China. *Environment International*. 2007, 33, pp. 376-384.
36. Langrish J. P., Unosson J., Bosson J. et al. Altered nitric oxide bioavailability contributes to diesel exhaust inhalation-induced cardiovascular dysfunction in man. *J. Am. Heart. Assoc.* 2013, 2 (1), e004309.
37. Lewne M., Plato N., Gustavsson P. Exposure to particles, elemental carbon and nitrogen dioxide in workers exposed to motor exhaust. *Ann. Occup. Hyg.* 2007, 51 (8), pp. 693-701.
38. Lin C.-C., Chen S.-J., Huang K.-L. et al. Characteristics of metals in nano /ultrafine/fine/ coarse particles collected beside a heavily trafficked road. *Environmental Science & Technology*. 2005, 39 (21), pp. 8113-8122.
39. Lucking A. J., Lundback M., Mills N. L. et al. Diesel exhaust inhalation increases thrombus formation in man. *Eur. Heart. J.* 2008, 29 (24), pp. 3043-51.
40. Lundbäck M., Mills N. L., Lucking A. et al. Experimental exposure to diesel exhaust increases arterial stiffness in man. *Part. Fibre. Toxicol.* 2009, 6, p. 7.
41. Mastrofrancesco A., Alfè M., Rosato E. et al. Proinflammatory effects of diesel exhaust nanoparticles on scleroderma skin cells. *Journal of Immunology Research*, 2014, vol. 2014, 138751.
42. Mathis U., Mohr M., Zenobi R. Effect of organic compounds on nanoparticle formation in diluted diesel exhaust. *Atmos. Chem. Phys.* 2004, 4, pp. 609-620.
43. Mathissen M., Scheer V., Kirchner U. et al. Non-exhaust PM emission measurements of a light duty vehicle with a mobile trailer. *Atmospheric Environment*, 2012, 46, pp. 232-242.
44. Mills N.L., Miller M.R., Lucking A.J. et al. Combustion-derived nanoparticulate induces the adverse vascular effects of diesel exhaust inhalation. *Eur Heart J.* 2011, 32 (21), pp. 2660-71.
45. Qiao M., Cai C., Huang Y. et al. Characterization of soil heavy metal contamination and potential health risk in metropolitan region of northern China. *Environ. Monit. Assess.* 2011, 172 (1-4), pp. 353-65.
46. Pourazar J., Blomberg A., Kelly F. J. et al. Diesel exhaust increases EGFR and phosphorylated C-terminal Tyr 1173 in the bronchial epithelium. *Part Fibre Toxicol.* 2008, 5, p. 8.
47. Puliafito S. E., Castro F., Allende D. Air-quality impact of PM10 emission in urban centers. *International Journal of Environment and Pollution*. 2011, 46, Iss. 3-4, pp. 127-143.
48. Valavanidis A., Fiotakis K., Vlahogianni T. et al. Characterization of atmospheric particulates, particle-bound transition metals and polycyclic aromatic hydrocarbons of urban air in the centre of Athens (Greece). *Chemosphere*. 2006, 65, pp. 760-768.
49. Wang J., Pui D. Y. H. Dispersion and filtration of carbon nanotubes (CNTs) and measurement of nanoparticle agglomerates in diesel exhaust. *Chemical Engineering Science*. 2013, 85, pp. 69-76.
50. Zelikoff, J. T., Schermerhorn K. R., Fang K. et al. A role for associated transition metals in the immunotoxicity of inhaled ambient particulate matter. *Environmental Health Perspectives*. 2002, 110, Suppl. 5, pp. 871-875.

#### Контактная информация:

Голохваст Кирилл Сергеевич – доктор биологических наук, заместитель директора по развитию Школы естественных наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Инженерной школы ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации  
Адрес: 690990, г. Владивосток, ул. Пушкинская, д. 10  
E-mail: droopy@mail.ru