

УДК 504.064.2.001.18

**Леванчук Александр Владимирович**  
ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения»  
Россия, Санкт-Петербург<sup>1</sup>  
Доцент, Кандидат медицинских наук  
E-Mail: 5726164@mail.ru

## **Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильных дорог**

**Аннотация:** В работе на основе анализа отечественной и зарубежной литературы определены факторы, влияющие на интенсивность эксплуатационного износа дорожного покрытия. Предложен метод расчета количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду в результате эксплуатационного износа дорожного покрытия адаптированный для экологических исследований, который учитывает интенсивность движения автомобильного транспорта, его грузоподъемность и климатические условия северо-западного региона. Приведены результаты расчета количества загрязняющих веществ образующихся при движении одного автомобиля и всего автомобильного парка зарегистрированного на территории Санкт-Петербурга в настоящее время и на перспективу до 2020 года. Представлены результаты химического анализа продуктов истирания дорожного покрытия, которые содержат в своем составе алюмосиликаты и полициклические ароматические углеводороды. Приведены сведения о том, что большая часть продуктов истирания дорожного покрытия поступает в окружающую среду в виде PM10, PM2,5 и менее 2,5 мкм.

Сделан вывод о том, что в настоящее время данный вид загрязнения окружающей среды мегаполисов не учитывается. Обоснована необходимость учета загрязнений, образующихся в процессе эксплуатационного износа дорожного покрытия для оценки влияния автомобильного транспорта на окружающую среду городских агломераций.

**Ключевые слова:** Окружающая среда; загрязнение; автомобильный транспорт; продукты эксплуатационного износа; автомобильные дороги; алюмосиликаты; мелкодисперсная пыль.

Идентификационный номер статьи в журнале 102TVN114

---

<sup>1</sup> 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, ПГУПС

**Alexander Levanchuk**  
Petersburg State Transport University  
Russia, Sankt-Petersburg  
E-Mail: [5726164@mail.ru](mailto:5726164@mail.ru)

## **Environmental pollution by products of wear and tear of motor roads**

**Abstract:** In work on the basis of analysis of domestic and foreign literature identified factors that influence the intensity of wear of the road surface. Method of calculation of the amounts of pollutants released into the environment resulting in the deterioration of road coverings it is developed and adapted for environmental research. The method takes into account the intensity of traffic, capacity, climate of the Northwest region. The work presents the results of calculation of quantity of pollutants generated during the use of one car and the entire fleet of machines registered on the territory of St. Petersburg, in the present period of time and for perspective up to 2020. There are presented the results of the chemical analysis of products of the destruction of roads. Products contain silicates and polycyclic aromatic hydrocarbons. It is shown that most of the products of destruction of the coating polluting in the form of PM10, PM2,5 and less than 2.5 microns. It is concluded that this type of pollution of major cities are not fully taken into account. Proves the necessity to control pollution generated in the process of wear of road coverage for the assessment of the impact of road transport on the environment of urban agglomerations.

**Keywords:** Environmental pollution, the method of calculation; road transport; products of wear of the road; aluminium silicate; polycyclic aromatic hydrocarbons; aspiration dust.

Identification number of article 102TVN114

В настоящее время на территории России более 755 тыс. км автомобильных дорог с твердым покрытием (в том числе 600 тыс. км дорог общего пользования)[11]. За последние годы, в связи с автомобилизацией в России на урбанизированных территориях значительно возросла интенсивность движения на дорогах, в то же время сеть автомобильных дорог в крупных городах практически не изменилась. Для улиц мегаполисов характерными стали постоянные «пробки». Кроме того, возросло число автомобилей, использующихся в зимний период года.

Вышеперечисленные факторы привели к увеличению интенсивности износа асфальтобетонных покрытий на перегруженных городских магистралях, который достиг 5–20 мм в год [2].

Однако, до настоящего времени на территориях городских агломераций не проводится учет загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду в результате эксплуатационного износа дорожного покрытия.

В качестве твердого покрытия автомобильных дорог используются материалы на основе асфальта и бетона. Бетонные покрытия состоят из щебня, песка и цемента. Асфальтовые поверхности - это смесь минерального заполнителя, песка и вяжущего битума. Состав асфальтовой смеси может значительно варьироваться в зависимости от региона.

Специалисты многих стран [2, 8, 9, 10] пришли к выводу, что большая часть дефектов и разрушений дорожного покрытия обусловлены деструктивными проявлениями. К ним следует отнести: появление трещин вследствие снижения выносливости асфальтобетона под воздействием интенсивных транспортных нагрузок; деформации поверхности покрытия вследствие недостаточной прочности и несущей способности нижележащих слоев дорожного основания и грунта земляного полотна; образование локальных (по полосам наката) остаточных деформаций и осадок в виде колеи, а также пластическими сдвигами и выпорами самого асфальтобетона, его крошение и шелушение под влиянием метеорологических факторов - осадков и низких температур (особенно при многократном переходе температуры через 0 °С), использование химических антигололедных реагентов [2, 3].

Как правило, дорожное покрытие состоит на 90-92% из щебня и песка и, примерно, на 8-10% из вяжущего битума. Характеристики асфальта могут изменяться с помощью применения добавок, таких как связывающие материалы, полимеры и различные типы минеральных порошков.

Согласно сведениям, приведенным в работах [5, 10], в среднем, на протяжении зимнего периода времени износ асфальта в Швеции составляет от 11 до 24 гр./маш.-км (грамм на километр от одной машины).

Среднегодовой коэффициент износа дорожного покрытия для северо-западной климатической зоны составляет от 4 до 6 гр./маш.-км [7]. Техническое обслуживание дорог в зимний период (обработка песком, использование шипованных покрышек шин) можно считать фактором увеличения износа дорожного покрытия вследствие усиления абразивного процесса [9]. Износ покрытия влажной дороги в 2 - 6 раз выше, по сравнению с сухой [6]. Износ также увеличивается после обработки поверхности дороги солью и иными антигололедными средствами, так как поверхность на протяжении более продолжительного периода времени остается влажной.

В соответствии с действующими в настоящее время нормативными документами [3,4] среднегодовой износ асфальтобетонных покрытий составляет величины от 0,38-1,0 мм до 1,5-4,0 мм при средней интенсивности движения на полосу при 500 и  $\geq 7000$  автомобилей в сутки соответственно.

Целью настоящего исследования явились количественная и качественная характеристики загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду при эксплуатационном износе автомобильных дорог.

Износ дорожного покрытия изучается в экспериментальных и в натуральных условиях. Так как и натурные, и экспериментальные исследования требуют существенных материальных и временных затрат, исследователи в области изучения процессов эксплуатационного износа дорожного покрытия стремились установить математические зависимости в развитии данного процесса.

При определении величины истирания верхнего слоя покрытия следует учитывать зависимость этого процесса от интенсивности движения транспортных средств их грузонапряженности и климатогеографических условий эксплуатации дорог (среднее количество осадков и температурный режим региона).

В действующих на территории Российской Федерации нормативных документах отсутствуют методики прогнозирования образования колеи износа, кроме того, нормы минимального срока службы покрытий не учитывают интенсивность износа асфальтобетона от шипованных шин автомобилей.

В математической модели, предложенной Джалиловым (2004 г.) [1], учитывается фактическое изменение износа покрытия по ширине проезжей части, а так же определяется величина износа асфальтобетонных покрытий с одновременным учетом интенсивности движения транспортного потока, грузонапряженности, а также изменения температуры и влажности в процессе его эксплуатации. Однако применение данной методики для определения количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, затруднено, так как с помощью модели определяется только глубина колеи.

Нами осуществлено дополнение использующихся в настоящее время методик эксплуатационных характеристик автомобильных дорог. На основе методик [1,4], адаптированных для экологических исследований, проведены расчеты, позволяющие определить количество загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду в результате эксплуатационного износа асфальтобетонного покрытия дорог в зависимости от интенсивности движения, грузонапряженности и климатических условий северо-западного региона. Учтено, что город Санкт-Петербург расположен в зоне избыточного увлажнения (II дорожно-климатическая зона).

Результаты проведенного нами расчета количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, в результате эксплуатационного износа дорожного покрытия с учетом средней годовой нормативной величины пробега автомобилей различного типа представлены в таблице 1. Расчетные данные количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду г. Санкт-Петербурга в результате ежегодного эксплуатационного износа дорожного покрытия (без учета вторичного пылеобразования) в настоящий период и на перспективу до 2020 г. представлены в таблице 2.

**Таблица 1**

**Количество загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, в результате эксплуатационного износа дорожного покрытия (кг/год)**

Тип автотранспортного средства	Количество загрязняющих веществ от одного автомобиля в год (кг)
Легковой	6,26±0,35
Грузовой	452,73±24,8
Автобус	494,25±12,6

Примечание: составлено автором на основе собственных исследований

**Таблица 2**

**Количество загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду в результате ежегодного эксплуатационного износа дорожного покрытия на территории г. Санкт-Петербурга в настоящее время и на перспективу до 2020 г (тыс. т/год)**

Группа АТС	Количество загрязняющих веществ (тыс. т/год)		
	M <sub>2012</sub>	M <sub>2015</sub>	M <sub>2020</sub>
Легковые	10, 574±0,05	11,625±0,05	13,922±0,05
Грузовые	60,132±0,23	64,650±0,23	72,165±0,26
Автобусы	13,981±0,04	15,277±0,05	18,090±0,05
ИТОГО:	84,687± 0,36	91,552± 0,37	104,177± 0,49

Примечание: составлено автором на основе собственных исследований

Приведенные данные свидетельствуют, что в окружающую среду города ежегодно поступает  $84,687 \pm 0,32$  тыс. т загрязняющих веществ, следует обратить внимание на то, что в связи с ростом автомобилизации их количество будет постоянно увеличиваться. По данным доклада Правительства Санкт-Петербурга об экологической ситуации в городе в 2012 году от автомобильного транспорта в атмосферный воздух поступило 419,3 тыс. т загрязняющих веществ (отработавших газов). Наши исследования показали, что как минимум 20% загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду мегаполиса при эксплуатации автомобильного транспорта, не учитывается.

В работе [8] приведены сведения о том, что 50% частиц, поступающих в окружающую среду в результате износа дорожного покрытия представляют собой  $PM_{10}$  (мелкодисперсная пыль с размером частиц 10 мкм), 27% -  $PM_{2,5}$ , 23% - частицы менее 2,5 мкм.

Проведенный нами анализ химического состава продуктов эксплуатационного износа дорожного покрытия показал, что 90% всех частиц представляли собой алюмосиликаты, 3% - полициклические ароматические углеводороды, полихлорбифенилы, диоксины и фураны.

Для оценки интенсивности влияния продуктов истирания дорожного покрытия нами проведены расчеты их рассеивания на территории вдоль автомобильных магистралей с различной интенсивностью движения автомобильного транспорта (УПРЗА Эколог. Версия 3.00). Результаты расчетов свидетельствуют о том, что максимальная концентрация загрязнителей образуется на расстоянии 28 -30 м от проезжей части дороги. Максимальная концентрация алюмосиликатов может достигать от 2,8 ПДК<sub>мр</sub> (максимально разовая предельно допустимая концентрация) при интенсивности движения транспорта 500 автомобилей в час до 11,3 ПДК<sub>мр</sub> при интенсивности движения транспорта 3000 автомобилей в час. Усредненная концентрация алюмосиликатов на расстоянии 100 м от проезжей части, по результатам расчета, составляет от 0,24 ПДК<sub>мр</sub> до 1,4 ПДК<sub>мр</sub> при интенсивности движения транспорта 500 и 3000 автомобилей в час соответственно.

Аналогичные расчеты, проведенные для группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), показали, что эксплуатационный износ дорожного покрытия нельзя считать значимым первичным источником загрязнения атмосферного воздуха ПАУ т.к. их максимальная концентрация на границе проезжей части не превышает 0,01 ПДК<sub>мр</sub> (ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ)). В связи с тем, что ПАУ обладает способностью к кумуляции в почве и водных объектах данный вид загрязнения окружающей

среды нельзя исключать из дальнейшего изучения влияния эксплуатации автомобильных дорог на загрязнение окружающей среды.

Проведенные нами исследования позволили определить количество загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду при эксплуатационном износе дорожного покрытия при движении автомобилей различного типа и оценить масштаб неблагоприятного воздействия загрязняющих веществ на территорию г. Санкт-Петербурга (около 90 тыс. т/год, мелкодисперсной пыли алюмосиликатов и около 3 тыс. т/год органических соединений, входящих в состав битума). По данным [11], к 2025 году уровень автомобилизации в России возрастет, интенсивность неблагоприятного воздействия автомобильного транспорта будет увеличиваться. Следовательно, для определения экологической нагрузки на окружающую среду городских агломераций и при оценке риска здоровью населения необходимо учитывать физико-химические свойства продуктов эксплуатационного износа дорожного покрытия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Джалилов М. Ф. Учет истирающего воздействия колес автомобилей при прогнозировании износа асфальтобетонных покрытий. Дисс. ... канд. техн. наук. – 05.23.11. – Москва, 2004. – 246 с.
2. Костельов М. П., Перевалов В. П., Пахаренко Д. В. Практика борьбы с колеиностью асфальтобетонных покрытий может быть успешной //ДОРОЖНАЯ ТЕХНИКА 2011/. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.slavutich-media.ru/catalog/dorozhnaya\\_tehnika/0/praktika\\_borbi.html](http://www.slavutich-media.ru/catalog/dorozhnaya_tehnika/0/praktika_borbi.html) – Загл. с экрана
3. Отраслевой дорожный методический документ. Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах: утв. гос. службой дор. хоз-ва м-ва тр. РФ 24.06.02. М : Информавтодор, 2002. - 180 с.
4. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. 2 Под ред. д-ра техн. Наук, проф. А.П. Васильева. М.: Москва, 2004. - 805 с.
5. Carlsson, A., Centrell, P.; Berg, G. 1995, «Studded tyres: socio-economic calculations». VTI Meddelande 756, Swedish road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden. In Swedish.
6. Folkesson, L. 1992, «Miljö-och hälsoeffekter av dubbdäcksanvändning». VTI meddelande Nr.694.
7. Jacobsson, T., Hornwall, F. 1999, «Dubbslitage på asfaltbeläggning», VTI meddelande pp. 862–199, VTI, Linköping, Sweden (in Swedish). Cite in Sörme and Lagerqvist (2002).
8. Klimont, Z., Cofala, J., Bertok, I., Amann, M., Heyes, C., Gyarmas, F. 2001, «Modelling particulate emissions in Europe — a framework to estimate reduction potential and control costs», IIASA Interim Report IR-02-076. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
9. Kupiainen, K., Tervahattu, H., Räisänen, M. 2003, «Experimental studies about the impact of traction sand on urban road dust composition», Science of the Total Environment, Vol. 308, pp. 175–184.
10. Lindgren, A. 1996, «Asphalt Wear and Pollution Transport», The Science of the Total Environment, Vol. 189/190, pp. 281–286.
11. Маркетинговые отчеты. Структура и прогноз парка легковых автомобилей в России до 2017 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autostat.ru/all/download/425>

**Рецензент:** Е.И. Ефимова, д.п.н., к.т.н. профессор кафедры техносферная и экологическая безопасность Петербургского государственного университета путей сообщения.

## REFERENCES

1. Dzhailov M.F. Uchet istirajushhego vozdeystviya koles avtomobilej pri prognozirovanii iznosa asfal'tobetonnyh pokrytij. Diss. ... kand. tehn. nauk. – 05.23.11. – Moskva, 2004. – 246 s.
2. Kostel'ov M.P., Perevalov V.P., Paharenko D.V. Praktika bor'by s kolejnost'ju asfal'tobetonnyh pokrytij mozhet byt' uspeshnoj /DOROZHNAJA TEHNIKA 2011/. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.slavutich-media.ru/catalog/dorozhnaya\\_tehnika/0/praktika\\_borbi.html](http://www.slavutich-media.ru/catalog/dorozhnaya_tehnika/0/praktika_borbi.html) – Zagl. s jekrana
3. Otrasevoj dorozhnyj metodicheskij dokument. Rekomendacii po vyjavleniju i ustraneniu kolej na nezhestkih dorozhnyh odezhdah: utv. gos. sluzhboj dor. hoz-va m-va tr. RF 24.06.02. M : Informavtodor, 2002. - 180 s.
4. Remont i sodержanie avtomobil'nyh dorog: Spravochnaja jenciklopedija dorozhnika (SJeD). T. 2 Pod red. d-ra tehn. Nauk, prof. A.P. Vasil'eva. M.: Moskva, 2004. - 805 s.
6. Carlsson, A., Centrell, P.; Berg, G. 1995, «Studded tyres: socio-economic calculations». VTI Meddelande 756, Swedish road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden. In Swedish.
7. Folkeson, L. 1992, «Miljö-och hälsoeffekter av dubbdäcksanvändning». VTI meddelande Nr.694.
8. Jacobsson, T., Hornwall, F. 1999, «Dubbslitage på asfaltbeläggning», VTI meddelande pp. 862–199, VTI, Linköping, Sweden (in Swedish). Cite in Sörme and Lagerqvist (2002).
9. Klimont, Z., Cofala, J., Bertok, I., Amann, M., Heyes, C., Gyarfas, F. 2001, «Modelling particulate emissions in Europe — a framework to estimate reduction potential and control costs», IIASA Interim Report IR-02-076. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
10. Kupiainen, K., Tervahattu, H., Räisänen, M. 2003, «Experimental studies about the impact of traction sand on urban road dust composition», Science of the Total Environment, Vol. 308, pp. 175–184.
11. Lindgren, A. 1996, «Asphalt Wear and Pollution Transport», The Science of the Total Environment, Vol. 189/190, pp. 281–286.
12. Marketingovyе otchety. Struktura i prognoz parka legkovykh avtomobilej v Rossii do 2017 goda [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.autostat.ru/all/download/425>