

УДК 549.67:61(042)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗВЕСЕЙ В ВЫХЛОПНОМ ГАЗЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

© 2012 К.С. Голохваст¹, В.В. Чернышев^{1,2}, П.А. Никифоров¹, Е.Г. Автомонов¹,
Д.А. Глушенко³, А.М. Паничев^{1,4}, А.Н. Гульков^{1,2}

¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

² ЗАО ДВНИПИнефтегаз, г. Владивосток

³ Технохолдинг Сумотори, г. Владивосток

⁴ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток

Поступила в редакцию 14.05.2012

Показано применение метода лазерной гранулометрии для решения важной экологической задачи – исследование частиц выхлопа легковых автомобилей. С помощью данного метода в выхлопах автомобилей с пробегом более 100000 км были обнаружены частицы менее 1 мкм.

Ключевые слова: *взвеси, природные частицы*

Вклад автомобильных выхлопов в экологическое загрязнение атмосферы города всесторонне исследуется [1-5, 9], и, по мнению некоторых авторов, он достигает 51% от общего объема взвесей города [8]. Методы исследований физико-химического твердого остатка выхлопов автомобилей и выхлопных газов давно и всесторонне регламентированы большим количеством отраслевых (ОСТ) и государственных стандартов (ГОСТ) (ГОСТ Р 51250-99, ГОСТ Р 51998-2002, ГОСТ Р 17.2.2.07-2000, ГОСТ 17.2.2.02-98, ГОСТ 24028-80, ГОСТ Р 50953-2008, ГОСТ Р 50953-2008, Р 50.2.065-2009, ГОСТ Р 52033-2003, ГОСТ Р 17.2.2.06-99) [6, 7]. Данная работа не претендует на исчерпывающие результаты по исследованию взвесей в автомобильных выхлопах с помощью метода лазерной гранулометрии, а лишь показывает область его применения для решения реальной прикладной экологической задачи.

Голохваст Кирилл Сергеевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры нефтегазового дела и нефтехимии. E-mail: drooru@mail.ru

Чернышев Валерий Валериевич, инженер кафедры нефтегазового дела и нефтехимии

Никифоров Павел Александрович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии металлов и металловедения

Автомонов Евгений Геннадьевич, заведующий лабораторией

Паничев Александр Михайлович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и охраны животных

Гульков Александр Нефедович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой нефтегазового дела и нефтехимии

Методы исследования. Для проведения экспериментов, нами была выбрана, согласно классификации ОН 025270-66 [7], следующая группа автомобилей:

Таблица 1. Классификация легковых автомобилей в соответствии с ОН 025270-66

Класс легкового автомобиля	Год выпуска	Рабочий объем двигателя, л	Тип топлива	Пробег, км
особо малый	2012	1,1	бензин	44
малый	1998	1,3	бензин	135000
средний	1998	2,0	бензин	108000
	1993	3,1	дизель	275000
	1999	2,8	дизель	261000
	1998	3,0	бензин	125000
	2012	2,0	бензин	395

Автомобили 2012 г. выпуска были любезно предоставлены Технохолдингом Сумотори (Приморский край), а автомобили с большим пробегом (более 100000 км) предоставлены авторами и их коллегами. Автомобили заправлялись бензином марки АИ-92 и дизельным топливом на заправке одной и той же нефтяной компании. Для проведения замеров нами было использовано следующее оборудование и материалы: пластиковая тара объемом 20 литров, шланг

из поливинилхлорида (длиной 1 м для каждого замера), вода дистиллированная (объем 10 л на каждый замер). Перед замером емкость и шланг промывались дистиллированной водой. Методика проведения замеров проводилась по следующему плану:

1. Испытуемый автомобиль заводился и работал в течение 1-3 минут для того, чтобы из выхлопной трубы были удалены все посторонние частицы пыли и сажи, осевшие туда за время простоя и занесенные извне.

2. Затем автомобиль глушился и к выхлопной трубе испытуемого автомобиля подсоединялся гибкий шланг, который опускался в пластиковую емкость, заполненную 10 л дистиллированной воды. Чтобы не допустить внешнего загрязнения, ёмкость сверху герметично закрывалась целлофановой пленкой, предварительно отмытой дистиллированной водой.



Рис. 1. Устройство для замеров взвесей выхлопа автомобиля, состоящее из пластикового ведра, шланга и целлофана с зажимами для фиксации

3. После этого автомобиль заводился и работал на нейтральной скорости в течение 20 минут. Данный временной интервал выбирался с учетом того, что на прогрев двигателя (по показаниям датчика температуры охлаждающей жидкости) отводилось около 10 минут. Далее в режиме холостого хода прогретый двигатель работал оставшиеся 10 минут. Данный временной промежуток работы автомобильного двигателя мы сочли более чем достаточным, так как целью наших замеров изучение гранулометрического состава выхлопа автомобилей. По окончании

замеров емкость с водой, через которую пропускались выхлопные газы, герметично закрывалась крышкой и далее направлялась в лабораторию, где из емкости стерильным шприцем бралась проба объемом 40 мл, которая исследовалась на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTech (фирма Fritsch).

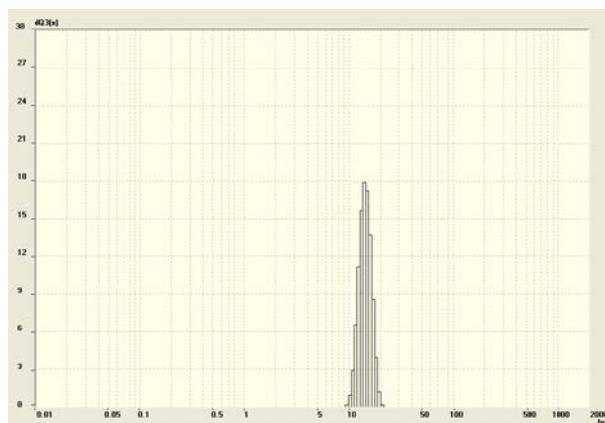


Рис. 2. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах выхлопа автомобиля 1998 г.в. с объемом двигателя 1,3 л, работающем на бензине

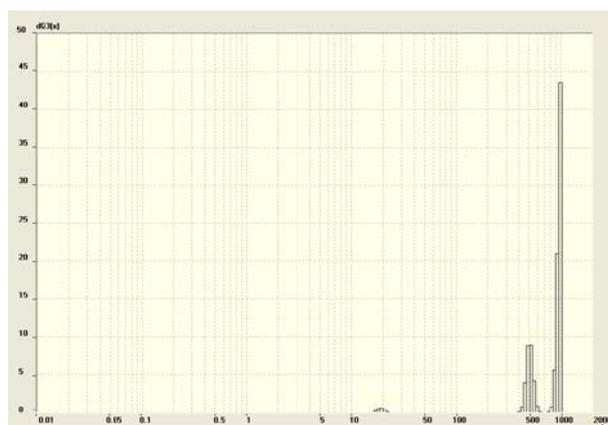


Рис. 3. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах выхлопа автомобиля 2012 г.в. с объемом двигателя 1,1 л, работающем на бензине

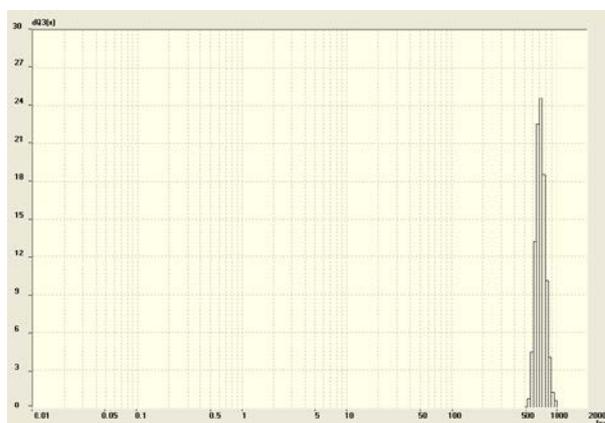


Рис. 4. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах выхлопа автомобиля 1998 г.в. с объемом двигателя 2,0 л, работающем на бензине

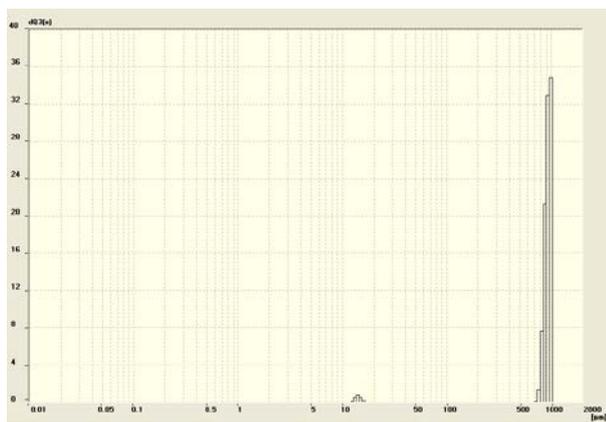


Рис. 5. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах выхлопа автомобиля 2012 г.в. с объемом двигателя 2,0 л, работающем на бензине

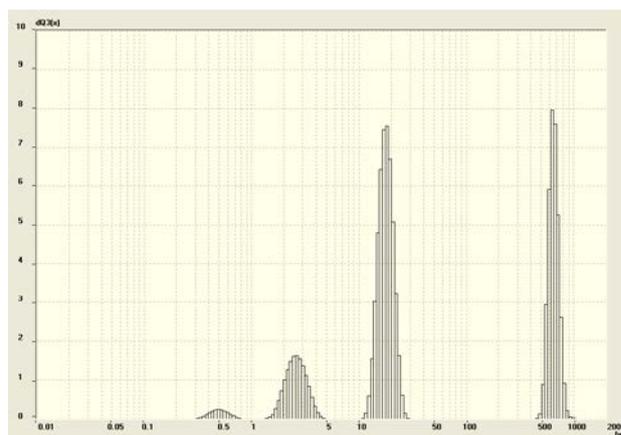


Рис. 7. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах выхлопа автомобиля 1999 г.в. с объемом двигателя 3 л, работающем на бензине

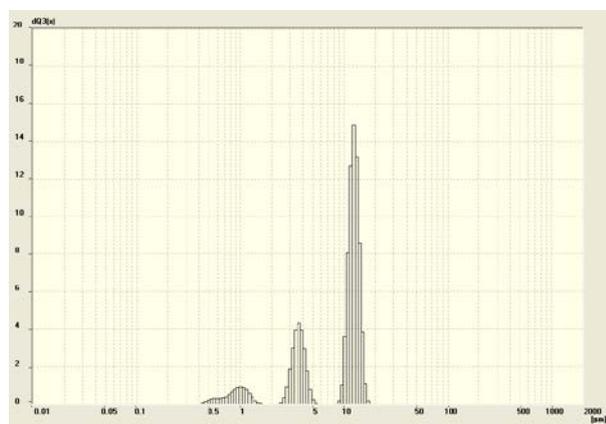


Рис. 6. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах выхлопа автомобиля 1999 г.в. с объемом двигателя 2,8 л, работающего на дизельном топливе

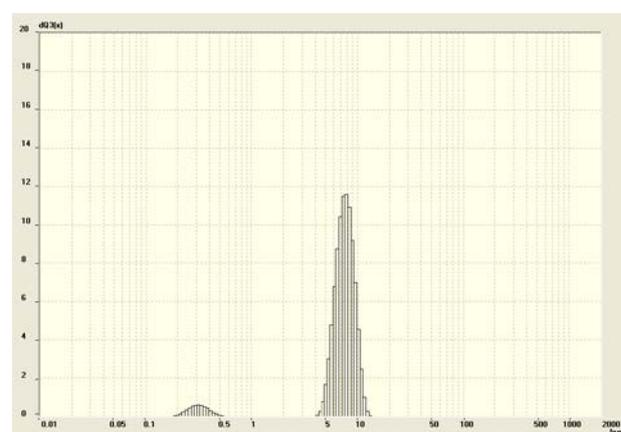


Рис. 8. Размеры частиц и их доля (в %) в пробах выхлопа автомобиля 1993 г.в. с объемом двигателя 3,1 л, работающем на дизельном топливе

Результаты. Результаты выполненного анализа представлены на графиках, где по оси абсцисс – размерность частиц в мкм, а по оси ординат – их доля в %.

Таблица 2. Морфометрические параметры частиц взвеси, содержащихся в выхлопах автомобилей

Параметры /автомобиль (год выпуска-объем-тип топлива)	1998-1,3-бензин	2012-1,1-бензин	1998-2,0-бензин	2012-2,0-бензин	1993-3,1-дизель	1999-2,8-дизель	1998-3,0-бензин
средний арифметический диаметр, мкм	14,37	817,22	717,72	908,31	7,34	9,35	234,56
мода, мкм	14,04	1003,37	718,40	1003,37	7,47	12,56	642,68
медиана, мкм	14,26	939,02	710,71	930,10	7,49	11,49	19,14
отклонение, мкм ²	3,91	54891,19	6024,37	19278,62	4,96	22,24	95115,24
среднеквадратичное отклонение, мкм	1,97	234,28	77,61	138,84	2,22	4,71	308,40
коэффициент отклонения, %	13,75	28,66	10,81	15,28	30,34	50,40	131,48
удельная поверхность, см ² /см ³	4252,77	137,15	84,54	144,40	17651,99	13445,80	7572,10

Обсуждение и выводы. Исследованию твердых частиц взвесей с помощью пробоотборников, в которых применяются фильтры, обязательны сопутствуют потери частиц наноразмерной фракции (часть пролетает сквозь поры фильтра или агрегирует, что не позволяет оценить их отдельно). Данный способ захвата выхлопных газов жидкостью (в нашем случае, дистиллированной водой), позволяет улавливать и оценивать эту фракцию. Стоит отметить, что автомобили, работающие на дизельном топливе, являются источником наиболее опасных частиц взвесей (PM₁₀ и меньше), что очевидно из рис. 2-9 и из таблицы 2. Машины без пробега, судя по полученным результатам, являются источником выброса малоопасных размерных фракций (от 500 до 1000 мкм). Особенно интересны повторяющиеся пики на графиках, среди которых наиболее часто встречаются размерные области: 10-30 мкм – частицы, которые, предположительно, могут относиться к продуктам непосредственного сгорания топлива; 500-1000 мкм – крупные сажевые частицы, которые, скорее всего, являются продуктами накопления недогоревших частиц (например, образуются при запуске двигателя в выхлопной системе), которые при достижении определенных размеров отрываются от поверхности. Представленный метод может являться важным дополнением к уже имеющимся способам измерения и исследования гранулометрических и физико-химических свойств частиц выхлопов автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Адмаев, О.В.* Моделирование оценки выбросов автотранспорта в Красноярске // Моделирование в экологии. 2005. № 3. С. 143-150.
2. *Алиев, А.А.* Исследование работы двигателя ГАЗ-24 при различных способах смесеобразования: автореф. дисс... канд. тех. наук. - Баку, 1976. 26 с.
3. *Говорущенко, Н.Я.* Проблемы и методы оценки экологического и энергетического качества автомобильных дорог / *Н.Я. Говорущенко, В.В. Филиппов, Г.В. Величко* // Автоматизированные технологии CREDO, 2000. С. 45-51.
4. *Гриванов, И.Ю.* Оценка загрязнения атмосферы Владивостока выбросами автотранспорта: автореф... канд. географ. наук. – Владивосток, 2002. 25 с.
5. *Гутаревич, Ф.Ю.* Исследование токсичных выбросов автомобилей в эксплуатационных условиях // Проблемы машиностроения. 1983. №20. С. 53-57.
6. *Малов, Р.В.* Автомобильный транспорт и защита окружающей среды / *Р.В. Малов, В.М. Ерохов, В.А. Щетина* и др. – М.: Транспорт, 1982. 200 с.
7. *Порватов, И.Н.* Классификация и маркировка автомобилей. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы конструкции автомобилей» / *И.Н. Порватов, С.Р. Кристальный*. – М.: МАДИ, 2010. 50 с.
8. *Христофорова, Н.К.* Экологические проблемы региона: Дальний Восток - Приморье. – Хабаровское книжное издательство, 2005. 304 с.
9. *Amato, F.* Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities / *F. Amato, M. Pandolfi, T. Moreno* et al. // Atmospheric Environment. 2011. Vol. 45, № 37. P. 6777-6787.

ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF DIRECT GRANULOMETRIC STUDY SUSPENDED IN CAR EXHAUST GAS

© 2012 K.S. Golokhvast¹, V.V. Chernyshev^{1,2}, P.A. Nikiforov¹, E.G. Avtomonov¹, D.A. Glushchenko³, A.M. Panichev^{1,4}, A.N. Gulkov^{1,2}

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok

² JSC DVNIPI-neftegas, Vladivostok

³ Technoholding Sumotori, Vladivostok

⁴ Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok

We show the application of laser granulometry for solving major environmental problems - study particle exhaust of cars. With this method, the exhaust fumes from vehicles with mileage over 100,000 km have been found less than 1 micron particles.

Key words: *suspensions, natural particle*

Kirill Golokhvast, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Oil and Gas Deal and Petrochemistry. E-mail: droopy@mail.ru; Valeriy Chernyshev, Engineer at the Department of Oil and Gas Deal and Petrochemistry; Pavel Nikiforov, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Metals Technology and Metals Science; Evgeniy Avtomonov, Chief of the Laboratory; Alexander Panichev, Doctor of Biology, Leading Research Fellow at the department of Ecology and Animals Protection; Alexander Gulkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Oil and Gas Deal and Petrochemistry