

ИЗМЕНЧИВОСТЬ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРИГОРОДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

С.С. Аникин, Е.Ф. Михайлов, К.А. Волкова

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
ssanikinss@gmail.com

VARIABILITY OF SURFACE ATMOSPHERIC AEROSOLS ACCORDING TO THE RESULTS OF GROUND-BASED MEASUREMENTS NEAR ST.PETERSBURG

S.S. Anikin, E.F. Mikhailov, K.A. Volkova

Saint-Petersburg University, Saint-Petersburg, Russia
ssanikinss@gmail.com

Аннотация. С 2016 г. в СПбГУ ведутся непрерывные измерения массовой концентрации аэрозоля с использованием оптического счетчика частиц EDM180 для частиц размеров 0.25–1 мкм (PM1), 0.25–2.5 мкм (PM2.5) и 0.25–10 мкм (PM10). Анализ временного хода аэрозольных массовых концентраций в Петергофе был дополнен измерениями аэрозольной оптической толщи и приземных массовых концентраций частиц сажи, выполняющимися в том же районе. Кроме того, для интерпретации наблюдаемой изменчивости аэрозоля были рассмотрены обратные траектории движения воздушных масс с использованием модели HYSPLIT.

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, PM, аэрозольный спектрометр.

Abstract. In SPbU the continuous measurements of mass concentration of aerosols have been performing since 2016 using the optical particle counter EDM180 in the following size ranges: 0.25–1 μm (PM1), 0.25–2.5 μm (PM2.5) and 0.25–10 μm (PM10). Analysis of temporal dependence of aerosol mass concentrations for the site Peterhof was supplemented by the measurements of aerosol optical depth and surface mass concentrations of soot registered at the same location. Moreover, for interpretation of the observed aerosol variability the plotting of backward trajectories of air mass movement using HYSPLIT model were carried out.

Keywords: atmospheric aerosol, PM, aerosol spectrometer.

ВВЕДЕНИЕ

Изменчивость атмосферного аэрозоля играет значимую роль во многих атмосферных процессах и активно исследуется уже многие десятилетия [Тимофеев, 2016]. Обладая высокой пространственно-временной изменчивостью, атмосферный аэрозоль чрезвычайно разнообразен по микроструктуре и физико-химическим свойствам. Поэтому мониторингу аэрозольных оптических и микрофизических характеристик уделяется особое внимание.

Целью данной работы является анализ аэрозольных характеристик в регионе на основе накопленного за 2016–2019 гг. массива данных вблизи Санкт-Петербурга.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения массовых концентраций приземного аэрозоля были выполнены на станции мониторинга атмосферы (59°53' N, 29°49' E), находящейся в Петергофе с численностью населения около 80 тыс. человек. Тем не менее, город располагается на юго-западе Санкт-Петербурга с населением более 5 млн. человек. Таким образом, происходит чередование городских и фоновых условий [Власенко и др. (в печати)].

Измерения ведутся с помощью оптического счетчика частиц EDM180 в 31 размерном канале. Методика оценки массовых концентраций частиц PM1, PM2.5 и PM10 по рассеянию лазерного излучения на единичной аэрозольной частице соответствует принятым стандартам EN 12341 и EN 14907 [Keck et al., 2011].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для всех измерений массовых концентраций PM1, PM2.5 и PM10 были рассчитаны их медианные значения, а также интерквартильный размах за каждый день работы прибора [Ruckstuhl et al., 2001]. Полученные оценки представлены в виде временного ряда (рис. 1).

Проведено сравнение измерений PM1 и аэрозольной оптической толщи (АОТ) мелкой фракции, измеряемой фотометром CIMEL CE 318 [Волкова и др., 2018]. Для наиболее длительного периода совместных измерений был построен временной ряд (рис. 2, а) и был выбран день синхронного подъема значений, для которого были изучены метеорологические параметры [<https://rp5.ru>] и построены обратные траектории движения воздушных масс [<https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>] (рис. 2, б).

Анализ погодных условий показал, что 28.07.18 погодные условия изменялись слабо, а обратные траектории говорят о движении воздуха из соседних регионов и плавном вертикальном снижении. Источником аэрозолей при этом могли послужить лесные пожары или иные источники дальнего переноса.

За весь рассматриваемый промежуток времени были построены корреляции между общими днями измерений (рис. 3). Корреляция за все время измерений составляет 0.56. Очевидно, это связано с тем, что рассматриваемые параметры характеризуют разные атмосферные слои: массовые концентрации измерялись возле поверхности, тогда как оптическая толщина определяет содержание аэрозоля во всем столбе атмосферы.

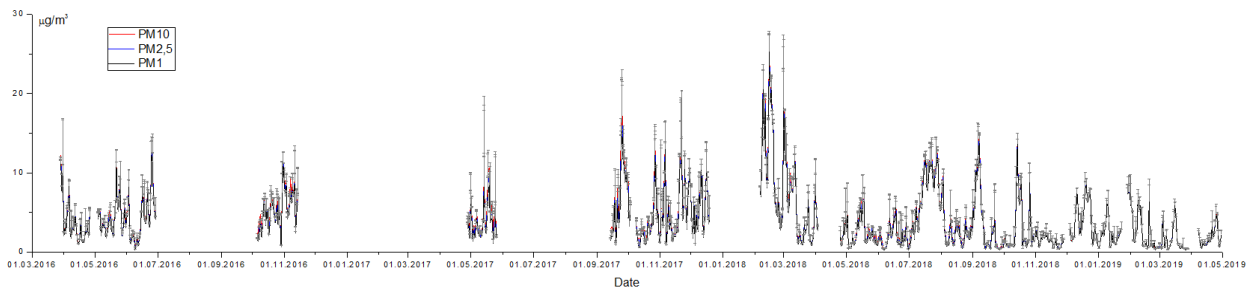


Рис. 1. Медианные значения PM1, PM2.5 и PM10 за период 23.03.16–30.04.19

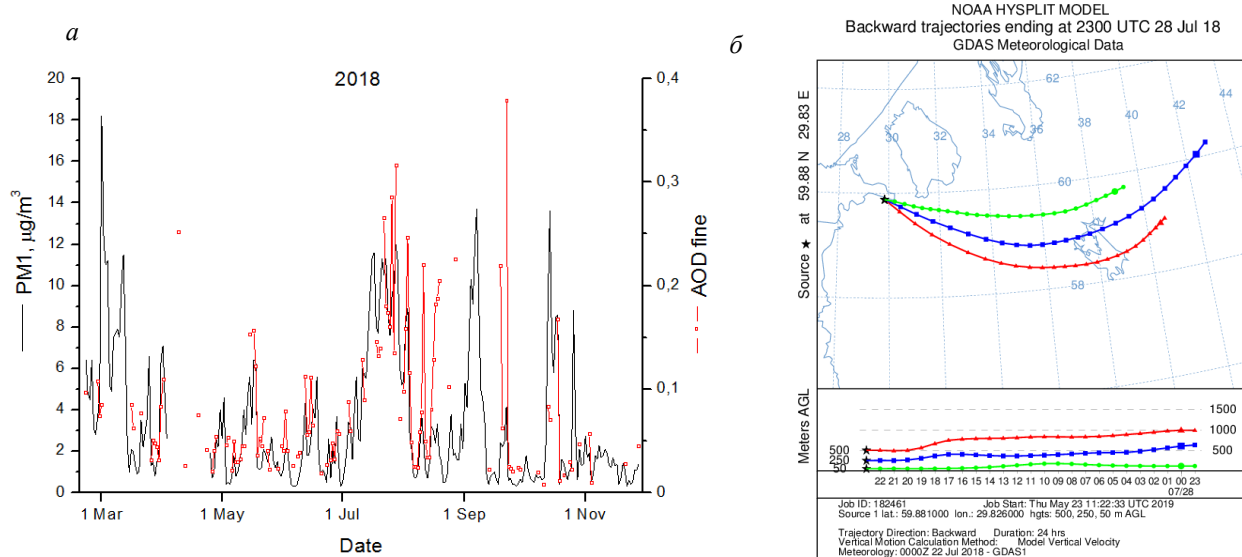


Рис. 2. Медианные значения PM1 и AOT мелкой фракции (AOD fine) за период 21.02.18–28.11.18 (а); обратные траектории движения воздушных масс для 28.07.18 (б)

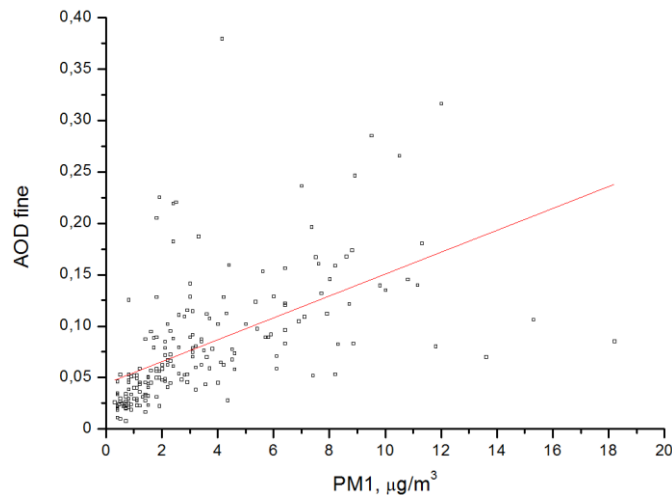


Рис. 3. Корреляция между PM1 и AOT мелкой фракции за период 23.03.2016–30.04.2019

Также было выполнено сравнение измерений массовых концентраций PM1 и сажи BC, измеряемых с помощью эталометра microAeth® AE51 [Sviridenkov et al., 2016]. Построен временной ряд для наиболее длительного периода совместных измерений (рис. 4, а), а также построены обратные траектории движения воздушных масс для одного из дней синхронного подъема значений (рис. 4, б).

Согласно данным метеостанции 31.01.2019 наблюдались условия, близкие к штилевым. Рост концентраций PM1 и сажи может быть связан с отсутствием перемешивания воздуха и интенсивным накоплением

воздушного загрязнения. Обратные траектории модели HYSPLIT демонстрируют движение воздушных масс от города к станции наблюдения в Петергофе. Источником аэрозоля могли являться эмиссии твердых загрязняющих веществ и углеводородов от тепловых электростанций Санкт-Петербурга.

Корреляция (рис. 5) за весь период составляет 0.53. Невысокий коэффициент корреляции можно объяснить тем, что диапазон размеров черного углерода лишь частично пересекается с диапазоном размеров аэрозолей, измеряемых используемым в данной работе прибором [Netzell et al., 2007]. Тем не менее,

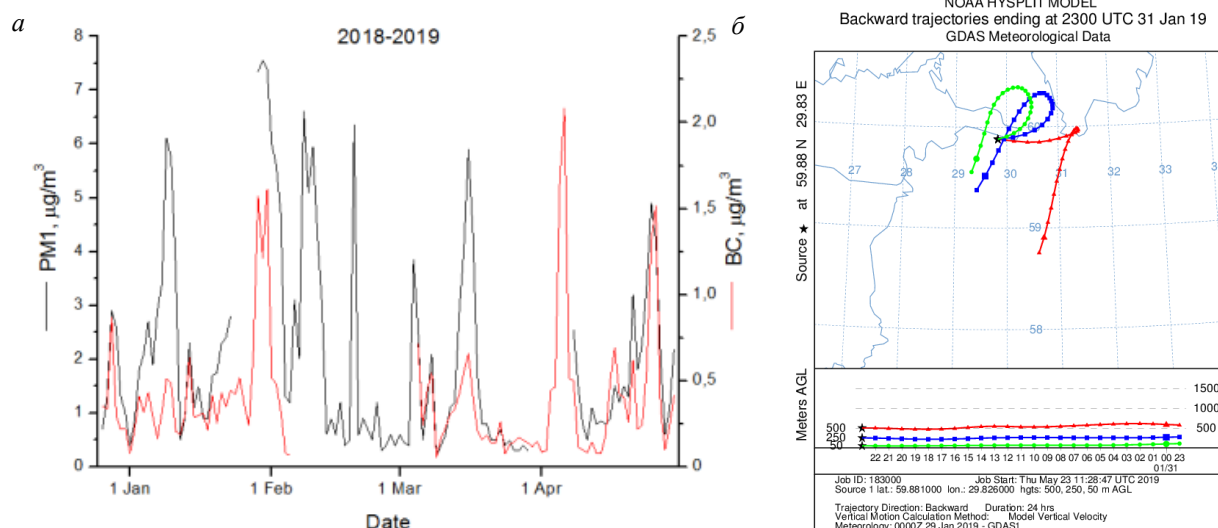


Рис. 4. Медианные значения PM1 и BC за период 26.12.2018–30.04.2019 (а); обратные траектории движения воздушных масс для 31.01.19 (б)

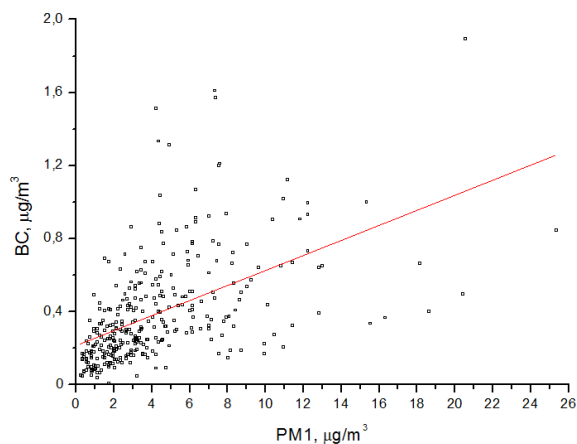


Рис. 5. Корреляция между PM1 и BC за период 23.03.2016–30.04.2019

общий характер изменчивости (соответствие областей возрастания и убывания) повторяется как для массовой концентрации приземного аэрозоля, так и для массовой концентрации частиц сажи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы были проведены анализ накопленных измерений массовой концентрации приземного аэрозоля, а также их сравнение с измерениями как аэрозольной оптической толщи, так и массовой концентрации частиц сажи в том же районе.

Результатом проведенных исследований являются следующие выводы:

1. Преобладающая масса аэрозольных частиц в регионе имеет размер меньше 1 мкм. Средние значения PM1, PM2.5 и PM10 за весь период измерений составляют 3.81, 4.03 и 4.16 мкг/м³, соответственно.

2. Коэффициент корреляции между измерениями PM1 и АОТ мелкой фракции за весь период наблюдений составил 0.56, а коэффициент корреляции между измерениями PM1 и BC составил 0.53, тем не менее, общий характер изменчивости (соответствие областей возрастания и убывания) в обоих случаях повторяется.

3. Анализ дней синхронного подъема значений PM1, как с АОТ, так и с BC, показал, что чаще всего рост значений связан с установлением погодных условий, благоприятных для накопления атмосферного загрязнения и его выноса из города в пригороды юго-запада.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 18-17-00076) с использованием оборудования Ресурсного Центра СПбГУ «Геомодель».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Власенко С.С., Волкова К.А., Ионов Д.В., Рышкевич Т.И., Иванова О.А., Михайлов Е.Ф. Изменчивость углеродсодержащей фракции атмосферного аэрозоля вблизи Санкт-Петербурга // Известия РАН. Физика атмосферы и океана (в печати).
- Волкова К.А., Поберовский А.В., Тимофеев Ю.М., Ионов Д.В., Holben V.N., Smirnov A., Slutsker I. Аэрозольные оптические характеристики по данным измерений солнечного фотометра CIMEL (AERONET) вблизи Санкт-Петербурга // Оптика атмосферы и океана. 2018. С. 425–431.
- Тимофеев Ю.М. Исследования атмосферы Земли методом прозрачности. СПб.: Наука, 2016. 367 с.
- Keck L., Pesch M., Grimm H. Comprehensive Measurement of Atmospheric Aerosols with a Wide Range Aerosol Spectrometer // J. Phys.: Conference Series. 2011. V. 304, N 1.
- Netzell K., Lehtiniemi H., Mauss F. Calculating the soot particle size distribution function in turbulent diffusion flames using a sectional method // Proceedings of the Combustion Institute. 2007, N 31. P. 667–674.
- Ruckstuhl A.F., Jacobson M.P., Field R.W., Dodd J.A. Baseline subtraction using robust local regression estimation // Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer. 2001, N 68. P. 179–193.
- Sviridenkov M.A., Nebosko E.Y., Mikhailov E.F. Aerosol optical properties and BC mass concentration in Saint Petersburg suburb // Paper presented at the 22nd European Aerosol Conference, Tours, 4–9 September, 2016.
- URL: <https://rp5.ru> (дата обращения 20.05.2019).
- URL: <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php> (дата обращения 23.05.2019).