

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ Г. НОВОСИБИРСКА СУБМИКРОННЫМИ АЭРОЗОЛЯМИ В ПЕРИОД ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ 2019 ГОДА

Алиса Максимовна Медвяцкая

Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, соискатель, тел.+7913-777-44-92, e-mail: medvyatskaya@mail.ru

Владимир Федотович Рапута

Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, тел.+7(383)330-61-51, e-mail: raputa@sccc.ru

Татьяна Владимировна Ярославцева

ФБУН Новосибирский НИИ гигиены, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, 630108, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, 7, тел. (383) 330-61-51, e-mail: tani-ta@list.ru

Обсуждаются результаты измерений концентраций субмикронных фракций в период сильного дымового смога с 20-го по 28-е июля 2019 в атмосфере г. Новосибирска. Выполнен сравнительный статистический анализ данных наблюдений РМ 2.5 и РМ 10 на сети автоматических станций (SitiAir). Установлено достаточно высокое согласие в измерениях между станциями, расположенными на периферии и в центре города. В рассматриваемый период времени выявлена связь концентраций субмикронных аэрозолей в Новосибирске и Томске.

Ключевые слова: дымовой смог, атмосферный аэрозоль, субмикронные фракции, сеть измерений, корреляционный анализ.

POLLUTION OF THE ATMOSPHERE OF THE CITY OF NOVOSIBIRSK BY SUBMICRON AEROSOLS DURING THE FOREST FIRES IN 2019

Alisa M. Medvyatskaya

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, pr. Akad. Lavrentjeva, Novosibirsk, 630090, Russia, candidate, phone: +7913-777-44-92, e-mail: medvyatskaya@mail.ru

Vladimir F. Raputa

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, pr. Akad. Lavrentjeva, Novosibirsk, 630090, Russia, chief researcher, phone: +7(383)330-61-51, e-mail: raputa@sccc.ru

Tatyana V. Yaroslavtseva

FGUN «Novosibirsk scientific research institute of hygiene» of Rospotrebnadzor, 630108, Novosibirsk, Parhomenko st., 7, senior researcher, tel. (383)330-61-51, e-mail: tani-ta@list.ru

The results of measurements of concentrations of submicron fractions during the period of heavy smoke smog from July 20 to 28, 2019 in the atmosphere of Novosibirsk are discussed. A comparative statistical analysis of PM_{2.5} and PM₁₀ observations on the automatic station network

(SitiAir) was performed. There is a fairly high consistency of measurements between stations located on the periphery and in the center of the city. The correlation of concentrations in Novosibirsk and Tomsk in the considered time period was revealed.

Key words: smoke smog, atmospheric aerosol, submicron fractions, measurement network, correlation analysis.

Введение

Сильные лесные пожары приводят к масштабному атмосферному загрязнению близлежащих и весьма отдалённых территорий. Загрязнение проявляется в наличии дымового смога и высоких концентраций субмикронных фракций частиц, образующихся в результате горения, и что указывает на постоянную необходимость исследования этих проблем [1 - 6].

Летом 2019 года атмосферное загрязнение от лесных пожаров в Восточной Сибири охватило территории, удалённые до нескольких тысяч километров [7]. Оно фиксировалось во многих городах Сибири, Урала, Казахстана. Концентрации субмикронных фракций, согласно данным измерений на сети автоматических станций SitiAir, многократно превышали ПДК. В Новосибирске сильный дымовой смог наблюдался в период с 20-го по 28-е июля 2019 года. В этот период концентрация фракции РМ 2.5 в атмосферном воздухе города достигала 8 – 10 ПДК. Аналогичная ситуация наблюдалась в г. Томске. Там дымовой смог наступил примерно на сутки раньше.

В июле 2019 г. на территории Сибири, где бушевали лесные пожары, возникла аномальная ситуация: мощный антициклон блокировал поступление осадков. В результате это привело к увеличению продолжительности лесных пожаров. Накопление продуктов горения в атмосфере привело к формированию устойчивой мглы, существенному снижению освещённости и поступления ультрафиолетовой радиации [8 - 11].

Для контроля состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах используются передвижные и стационарные посты наблюдений [12 - 14]. Они позволяют оперативно получать информацию о качестве атмосферы города, оценивать риски здоровью населения [15].

Целью работы является проведение сравнительного анализа данных измерений концентраций субмикронных фракций аэрозоля на станциях SitiAir Новосибирска и Томска в период сильного задымления атмосферы городов в третьей декаде июля 2019 г.

Объекты и материалы исследования

Материалами исследований послужили данные измерений концентраций субмикронных аэрозолей РМ 2.5 и РМ 10 в период дымового смога летом 2019 г. на сети автоматических станций SitiAir в г.г. Новосибирске и Томске. Причиной смога явились масштабные лесные пожары летом 2019 г. в Восточной Сибири. В результате горения древесных материалов образовались высокодисперсные

фракции аэрозольных частиц [9, 16, 17], концентрация которых в атмосферном воздухе даже на больших удалениях от источников достигала опасных уровней.

На рис. 1 представлено положение станций на территории г. Новосибирска. Станции рассредоточены по большой территории с разной техногенной нагрузкой, что позволяет проводить сравнительный анализ временной динамики выбросов, отслеживать перемещение загрязняющих примесей по территориям городов.

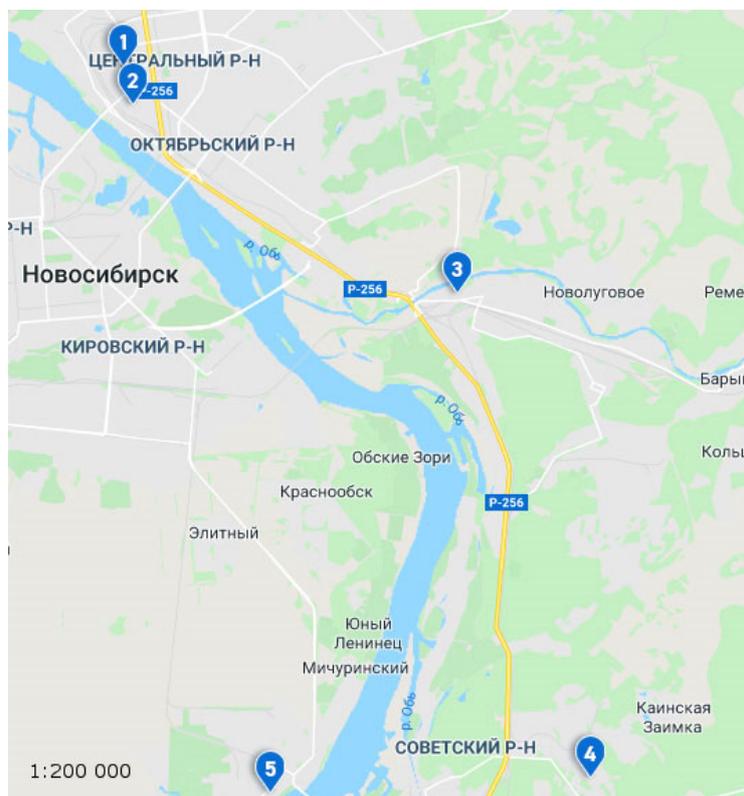


Рис. 1. Схема расположения автоматических станций измерений субмикронных аэрозолей в атмосферном воздухе г. Новосибирска

В Новосибирске эпизоды наиболее высоких концентраций $PM_{2.5}$, PM_{10} обычно фиксируются в Первомайском и Заельцовском районах (станции № 3 и № 1), что, в основном, связано с выбросами промышленных предприятий и автотранспорта. Более низкие концентрации этих фракций наблюдаются в Советском районе города.

Результаты и обсуждения

На рис. 2 представлены результаты измерений концентрации $PM_{2.5}$ на станциях № 2 и № 4 г. Новосибирска с 12-го по 30-е июля 2019 г. (в минутах). Анализ рис. 2 показывает вполне согласованное изменение этих величин в период с 20 по 28 июля.

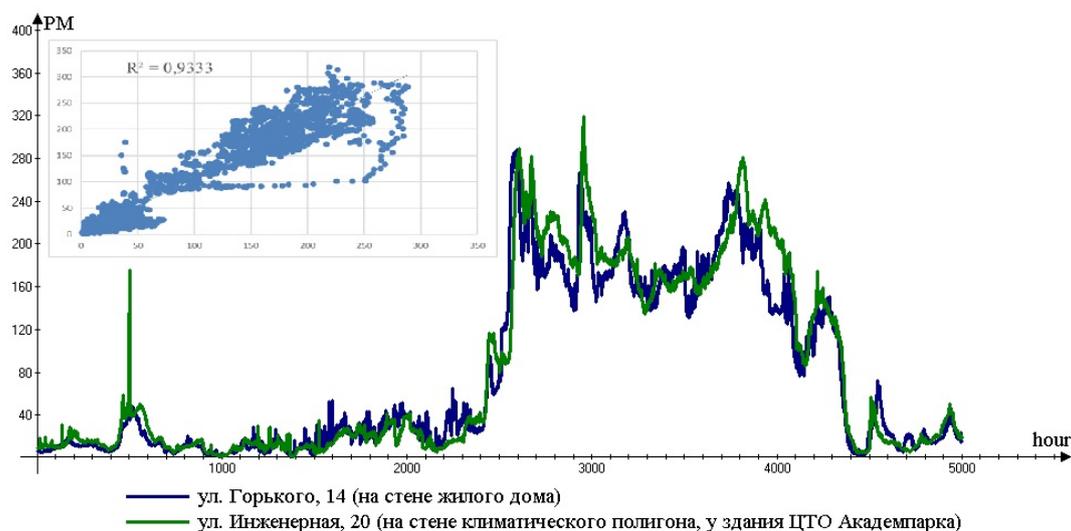


Рис. 2. Временная динамика изменения концентраций PM 2.5 (мкг/м³) в Новосибирске с 12 по 28 июля 2019 г. на станциях ул. Горького, 14 и ул. Инженерная, 20 ($R^2=0.93$)

На рис. 3 и 4 приведена динамика изменений концентраций PM 2.5 на станциях г. Новосибирска и г. Томска. Анализ рис. 3 показывает различие времён прихода дымового смога. В Томске этот приход был зафиксирован уже 19 июля.

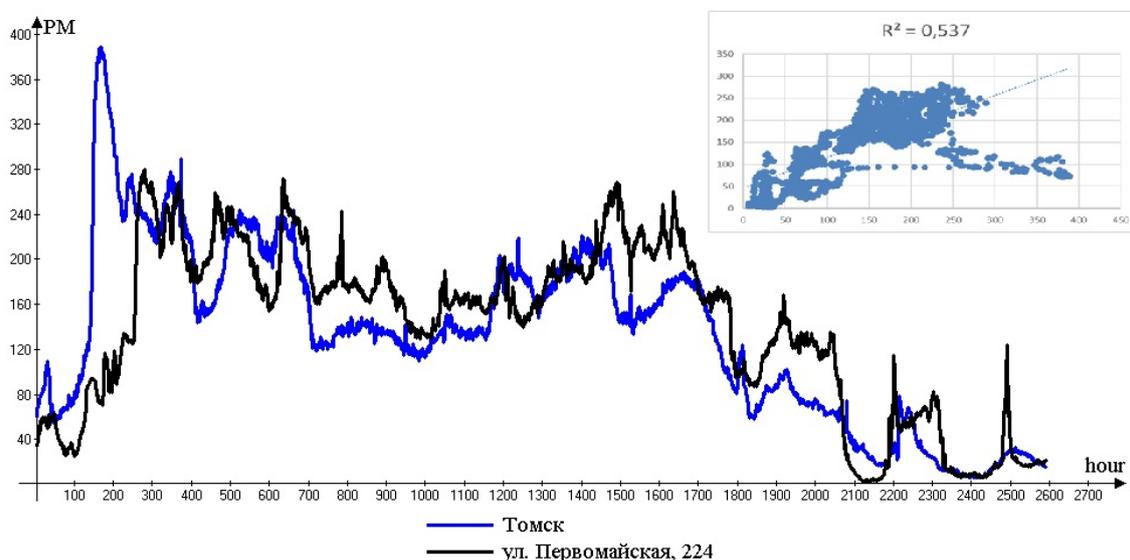


Рис. 3. Временная динамика изменения концентраций PM 2.5 (мкг/м³) в Новосибирске и Томске с 19 по 28 июля 2019 г. ($R^2 = 0.54$)

Введение сдвига по времени прихода дымового смога от пожаров в Томск и Новосибирск заметно повышает уровень согласия в изменениях концентраций (рис. 4), что указывает на наличие общей причины.

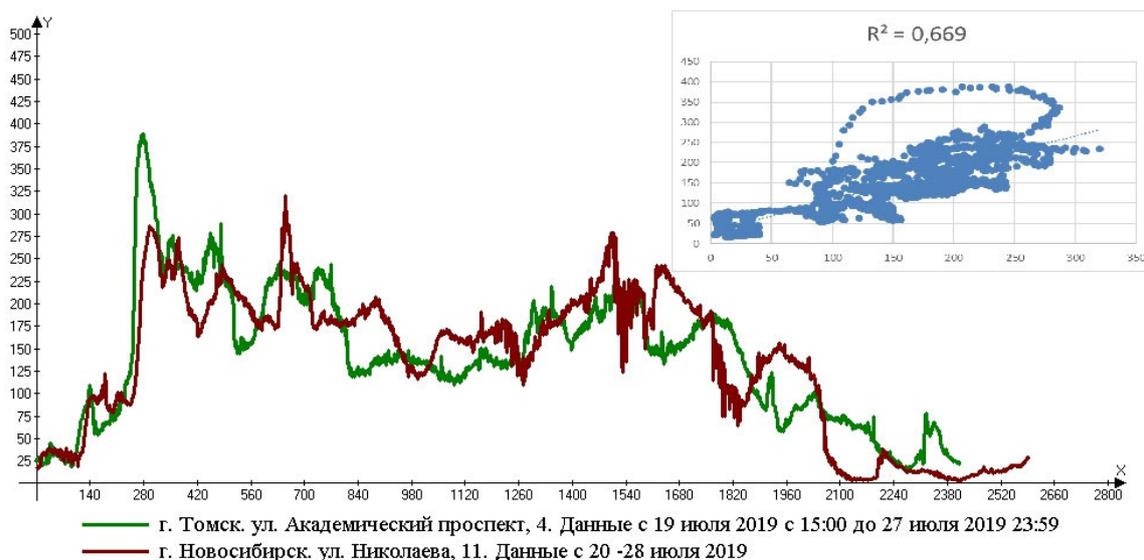


Рис. 4. Сравнительные изменения концентраций РМ 2.5 (мкг/м³) в Томске с 19 по 27 июля 2019 г. в Новосибирске с 20 по 28 июля 2019 г. ($R^2 = 0.67$)

На рис. 2 - 4 достаточно отчётливо проявляются суточные колебания концентраций, связанные с суточной динамикой толщины слоя перемешивания [18 - 21]. Максимумы концентраций фиксируются, в основном, в ночное время в соответствии с понижением температуры воздуха.

Заключение

Для периода сильного дымового смога с 20-го по 28-е июля 2019 г. в атмосфере г. Новосибирска выполнен сравнительный статистический анализ данных измерений субмикронных аэрозолей РМ 2.5 и РМ 10 на сети автоматических станций. Анализ показал достаточно высокое согласие в измерениях между станциями, расположенными на периферии города. Для станций, расположенных в центральной части города, уровень соответствия был несколько ниже. Это объясняется дополнительным вкладом локальных источников на городской территории. В целом же, высокий уровень корреляции измерений между станциями указывает на наличие в рассматриваемый период времени единого достаточно удалённого доминирующего источника. Была установлена связь изменений концентраций субмикронных аэрозолей с суточным ходом температуры воздуха, которая соответственно влияет на суточные изменения толщины слоя перемешивания. Проведён анализ связей в рассматриваемый период времени между концентрациями дымовых аэрозолей в Новосибирске и других городах, находившихся в зоне определённого влияния лесных пожаров и в которых функционируют станции SitiAir. В г. Томске дымовой смог наступил примерно на сутки раньше и с учётом соответствующего сдвига по времени было получено вполне удовлетворительное согласие во временной динамике изменения концентраций.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Госзадания (№ 0315-2019-0004), финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 19-47-540008.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. Н. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. - М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. - 312 с.
2. Барталев С. А., Стыщенко Ф. В., Егоров В. А., Лупян Е. А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // Лесоведение. - 2015. - № 2. - С. 83–94.
3. Швиденко А. З., Щепашенко Д. Г., Ваганов Е. А., Сухинин А. И., Максюттов Ш. Ш., МкКалум И., Лакида И. П. Влияние природных пожаров в России 1998–2010 гг. на экосистемы и глобальный углеродный бюджет // Докл. РАН. - 2011. - Т. 441. - № 4. - С. 544–548.
4. Буряк Л. В., Сухинин А. И., Каленская О. П., Пономарев Е. И. Последствия пожаров в ленточных борах юга Сибири // Сиб. экол. журн. - 2011. - Т. 18. - № 3. - С. 331–339.
5. Бондур В. Г., Гинзбург А. С. Эмиссия углеродсодержащих газов и аэрозолей от природных пожаров на территории России по данным космического мониторинга // Докл. РАН. - 2016. - Т. 466. - № 4. - С. 473–477.
6. Бондур В. Г., Гордо К. А., Кладов В. Л. Пространственно-временные распределения площадей природных пожаров и эмиссий углеродсодержащих газов и аэрозолей на территории Северной Евразии по данным космического мониторинга // Исследование Земли из космоса. - 2016. - № 6. - С. 3–20.
7. Воронова О. С., Зима А. Л., Кладов В. Л., Черепанова Е. В. Аномальные пожары на территории Сибири летом 2019 г. // Исследование Земли из космоса. - 2020. - № 1. - С. 70–82.
8. Ситнов С. А., Мохов И. И., Горчаков Г. И. Связь задымления атмосферы европейской территории России летом 2016 года с лесными пожарами в Сибири и аномалиями атмосферной циркуляции // Докл. РАН. - 2017. - Т. 472. - № 4. - С. 456–461.
9. Горчаков Г. И., Карпов А. В., Панкратова Н. В., Семутникова Е. Г., Васильев А. В., Горчакова И. А. Коричневый и черный углерод в задымленной атмосфере при пожарах в бореальных лесах // Исследование Земли из космоса. - 2017. - № 3. - С. 11–21.
10. Складнева Т. К., Ивлев Г. А., Белан Б. Д., Аршинов М. Ю., Симоненков Д. В. Радиационный режим г. Томска в условиях дымной мглы // Оптика атмосферы и океана. - 2015. - Т. 28. - № 3. - С. 215–222.
11. Kozlov V. S., Yausheva E. P., Terpugova S. A., Panchenko M. V., Chertnov D. G., Shmargunov V. P. Optical-microphysical properties of smoke haze from Siberian forest fires in summer 2012 // Int. J. Rem. Sens. - 2014. - V. 35. - № 15. - P. 5722–5741.
12. Безуглая Э. Ю., Чичерин С. С., Шарикова О. П. Состояние и перспективы сети мониторинга атмосферы в городах // Труды ГГО. - Л.: Гидрометеиздат. 1998. - Вып. 549. - С. 3-10.
13. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 200 с.
14. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 448 с.
15. Reche C., Moreno T., Amato F., Viana M., van Drooge B. L., Chuang H.-C., Bérubé K., Jones T., Alastuey A., and Querol X. A multidisciplinary approach to characterise exposure risk and toxicological effects of PM10 and PM2.5 samples in urban environments // Ecotox. Environ. Safe. - 2012. - 78. - P. 327–335.
16. Конев Э. В. Физические основы горения растительных материалов. - Новосибирск, 1977. - 238 с.

17. Волокитина А. В., Софронов М. А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. - 306 с.
18. Бызова Н. Л., Гаргер Е. К., Иванов В. Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси: монография. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 278 с.
19. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы: монография. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
20. Рапута В.Ф. Модели реконструкции полей длительных выпадений аэрозольных примесей // Оптика атмосферы и океана. - 2007. - Т. 20. - № 6. - С. 506-511.
21. Климат Новосибирска и его изменения // И. О. Лучицкая, Н. И. Белая, С. А. Арбузов. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. - 224 С.

© А. М. Медвяцкая, В. Ф. Рапута, Т. В. Ярославцева, 2020