

ОПТИКА КЛАСТЕРОВ, АЭРОЗОЛЕЙ И ГИДРОЗОЛЕЙ

УДК 551.510

Московская дымная мгла в октябре 2014 г. Вариации массовой концентрации аэрозоля

Г.И. Горчаков¹, В.М. Копейкин¹, С.А. Ситнов¹, Е.Г. Семутникова²,
М.А. Свириденков¹, А.В. Карпов¹, Е.А. Лезина², А.С. Емиленко¹,
А.А. Исаков¹, Г.А. Кузнецов¹, Т.Я. Пономарева^{3*}

¹ Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
119017, г. Москва, Пыжевский пер., 3

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, стр. 2

³ Гидрометцентр России
123242, г. Москва, Б. Предтеченский пер., 11–13

Поступила в редакцию 7.07.2015 г.

Проанализированы вариации массовой концентрации аэрозоля в задымленной атмосфере Московского региона осенью 2014 г. Массовая доля сажи и отношение массовых концентраций аэрозоля PM-2,5 и PM-10 были типичными для дымового аэрозоля при пожарах в бореальных лесах. Задымление Московского региона было обусловлено совместным влиянием дальнего переноса дымового аэрозоля, что обосновано анализом данных аэрокосмического мониторинга и обратных траекторий переноса воздушных масс, и локальными пожарами в Московской области. Вследствие этого оказались нетипичными статистические характеристики вариаций массовой концентрации аэрозоля, включая эмпирические функции распределения и спектральную плотность мощности.

Ключевые слова: дымовой аэрозоль, массовая концентрация, эмпирические функции распределения, спектральная плотность мощности, два источника задымления, дальний перенос; smoke aerosol, aerosol mass concentration, empirical distribution function, spectral power, two sources of smoke, long-range transfer.

Введение

Крупномасштабные задымления территории России, обусловленные лесными и лесоторфяными пожарами, наблюдаются сравнительно часто. Примером могут служить интенсивные задымления европейской территории России (ЕТР) в 2002 и 2010 гг. [1–5] и Сибири в 2012 г. [5–7]. В октябре 2014 г. на Звенигородской научной станции Института физики атмосферы (ЗНС ИФА) по данным нефелометрических измерений и на постах экологического мониторинга Московского региона были зарегистрированы повышенные значения массовой концентрации субмикронного аэрозоля M_f и массовых концентраций аэрозоля PM-10 и PM-2,5 с диаметрами частиц меньше 10 и 2,5 мкм соответственно. Соотношение между массовыми концентрациями субмикронного аэрозоля и его сажевой компоненты, а также

другие признаки, включая повышенные значения аэрозольной оптической толщи на значительной части ЕТР [2, 3, 5, 8], свидетельствуют о крупномасштабном задымлении региона, отличавшемся от задымлений при пожарах 2002 и 2010 гг. более низким уровнем аэрозольного загрязнения приземного слоя атмосферы и меньшими значениями содержания дымового аэрозоля в толще атмосферы [5, 9].

Согласно предварительным результатам траекторного анализа задымление Московского региона было вызвано дальним переносом дымового аэрозоля с охваченных лесными пожарами западных областей Российской Федерации и северо-восточной части Украины. Позже было обращено внимание на многочисленные мелкомасштабные пожары в Московской области, обусловленные сжиганием порубочных остатков.

В настоящей статье проанализировано влияние вышеупомянутых факторов на задымление Московского региона и выявлены особенности изменчивости массовой концентрации аэрозоля в задымленной атмосфере этого региона осенью 2014 г. С использованием данных аэрокосмического мониторинга проанализировано также пространственное распределение аэрозольной оптической толщи на ЕТР.

* Геннадий Ильич Горчаков (gengor@ifaran.ru); Владимир Михайлович Копейкин; Сергей Африканович Ситнов; Евгения Геннадьевна Семутникова; Михаил Алексеевич Свириденков; Алексей Владимирович Карпов; Елена Александровна Лезина; Александр Сергеевич Емиленко; Андрей Александрович Исаков; Герман Алексеевич Кузнецов; Татьяна Яковлевна Пономарева.

Методы и средства измерений

Мониторинг массовых концентраций аэрозоля РМ-10 и РМ-2,5 в Московском регионе выполнялся на сети автоматических постов контроля качества атмосферного воздуха ГБПУ «Мосэкомониторинг» с помощью анализаторов ТЕОМ-1400 [10]. Массовая концентрация субмикронного аэрозоля измерялась на ЗНС ИФА нефелометром ФАН-А и спектрополяриметром [11].

Кроме того, массовая концентрация аэрозоля на ЗНС ИФА и в г. Москве (ул. Б. Ордынка) оценивалась нефелометром фирмы GRIMM, Германия (модель 1.412). Массовая концентрация сажевого аэрозоля M_s определялась путем сбора проб и их последующего анализа [12], а также аэталометром АЕ-16 фирмы Magee Scientific (Германия). Пространственное распределение аэрозольной оптической толщи атмосферы (АОТ) на длине волны 550 нм восстанавливалось по данным спектрометров MODIS [13], установленных на спутниках Aqua и Terra (<http://modis.gsfc.nasa.gov>) [14]. Значения радиационной мощности пожаров (РМП)

получены по данным MODIS [15, 16]. Использовались данные, соответствующие наиболее высокому уровню доверия (от 80 до 100%).

Вариации массовой концентрации аэрозоля

Примеры результатов измерений массовой концентрации приземного аэрозоля (с временным разрешением 20 мин) в Московском регионе в период с 5 по 16 октября 2014 г. представлены на рис. 1. В отдельные моменты времени на некоторых постах (в частности, на постах Звенигород, Долгопрудная, Мелитопольская ул.) массовая концентрация аэрозоля РМ-10 превышала 0,15–0,20 мг/м³. В целом по Московскому региону в период с 6 по 13 октября наблюдалось заметное увеличение массовой концентрации аэрозоля. В период с 9 по 13 октября практически на всех постах достаточно отчетливо проявлялся суточный ход РМ-10. Средние концентрации аэрозоля в период с 5 по 17 октября 2014 г. достигали 0,036 мг/м³ (таблица).

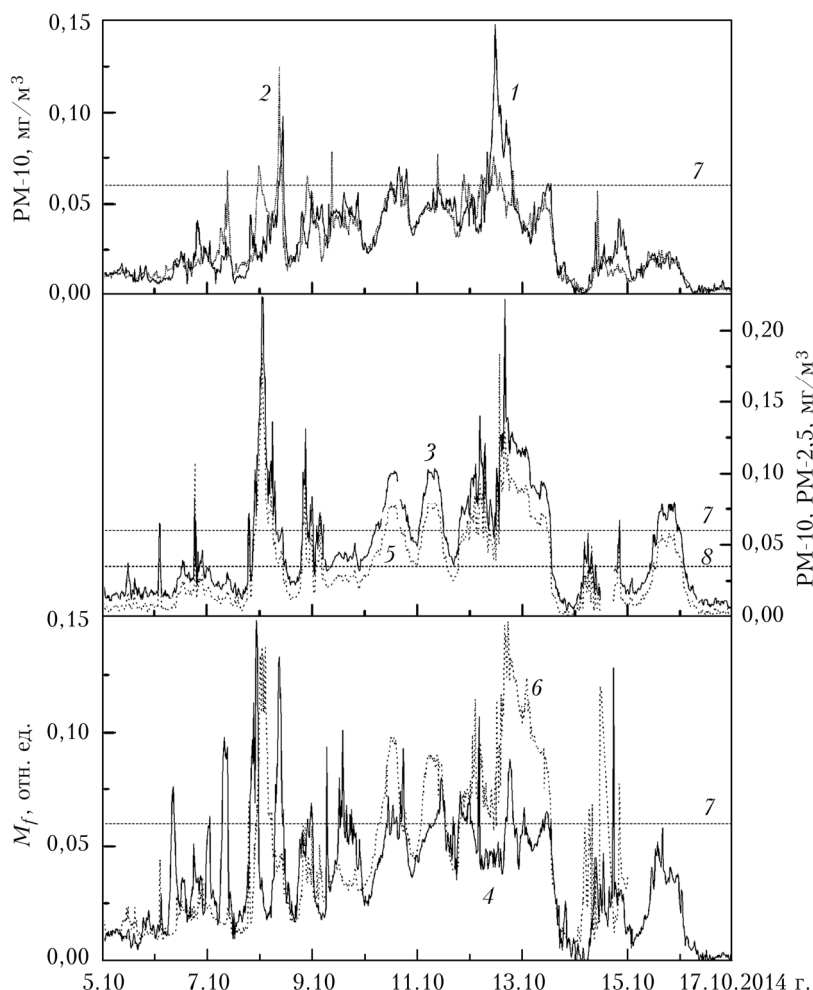


Рис. 1. Вариации массовой концентрации аэрозоля РМ-10 на постах Кожухово (1), Марьинский парк (2), Звенигород (3) и Мелитопольская ул. (4), массовой концентрации аэрозоля РМ-2,5 на посту Звенигород (5) и массовой концентрации субмикронного аэрозоля M_f на ЗНС ИФА (6). Предельно допустимые среднесуточные концентрации ПДК_{сс} для РМ-10 (7) и РМ-2,5 (8)

Обращают на себя внимание заметные различия временной изменчивости РМ-10 на разных постах. В частности, на посту Мелитопольская ул. (рис. 1, кривая 4) неоднократно наблюдались кратковременные повышения концентрации аэрозоля с большой амплитудой. Анализ данных измерений показал, что некоторые особенности аэрозоля, наблюдавшиеся в Московском регионе в указанный период, характерны для дымового аэрозоля (ДА), образующегося при пожарах в бореальных лесах России [2, 3, 5]. В частности, в период наибольшего задымления с 5 по 13 октября 2014 г. отношение массовой концентрации сажевого аэрозоля M_s к суммарной массе аэрозоля M_g , измеренной нефелометром фирмы GRIMM,

$$\eta = M_s/M_g \quad (1)$$

не превышало 10%, что характерно для наблюдавшихся в России крупномасштабных задымлений [1–3, 5, 6]. На рис. 2 в качестве примера показано отношение массовых концентраций РМ-2,5 и РМ-10

$$\zeta = \frac{PM_{2,5}}{PM_{10}}, \quad (2)$$

рассчитанное по данным измерений на Мелитопольской ул. (кривая 2).

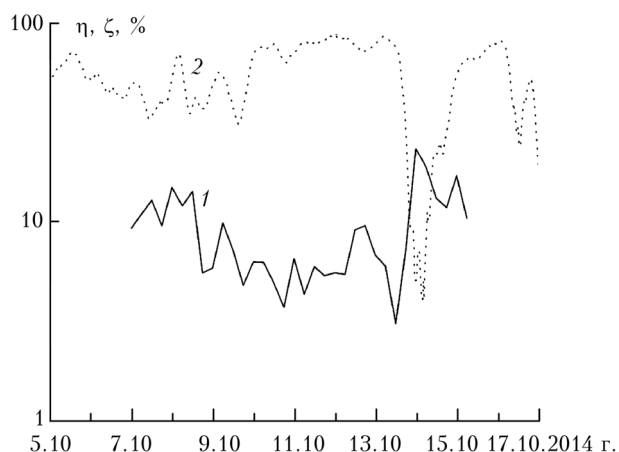


Рис. 2. Относительное массовое содержание сажевого аэрозоля на посту Звенигород (1) и отношение РМ-2,5 к РМ-10 на посту Мелитопольская ул. (2)

Нетрудно видеть (рис. 2), что в период с 10.10 по 13.10.2014 среднее значение ζ достигало 80%. Этот факт свидетельствует о преобладающем вкладе тонкодисперсной фракции в суммарную массу ДА. Это также подтверждают данные синхронных измерений РМ-2,5 и РМ-10 на посту Звенигород (см. рис. 1, кривые 3 и 5) и сходство временной изменчивости РМ-10 и массовой концентрации субмикронного (тонкодисперсного) аэрозоля M_f на ЗНС ИФА (кривые 4 и 6).

В период с 5 по 17 октября 2014 г. наблюдаемые значения РМ-10 не превышали соответствующую разовую предельно допустимую концентрацию ПДК_{рп} = 0,3 мг/м³ [17]. В отдельные дни на ряде

постов была превышена (для РМ-10) среднесуточная предельно допустимая концентрация ПДК_{сс} = 0,06 мг/м³ (рис. 1, прямая 7). На посту Звенигород указанные превышения наблюдались 8, 10, 11 и 12 октября. С учетом полученных оценок ζ можно предположить, что для РМ-2,5 ПДК_{сс}, которая равна 0,035 мг/м³ [17] (рис. 1, прямая 8), была превышена на ряде постов 8 октября 2014 г. и с 10 по 12 октября 2014 г.

Данные мониторинга РМ-10 в Московском регионе свидетельствуют о существенном вкладе в наблюдаемую изменчивость массовой концентрации дымового аэрозоля двух типов вариаций. Первый тип характеризуется сравнительно короткими всплесками концентрации большой амплитуды. Важными особенностями этого типа вариаций являются несинхронность всплесков в разных частях Московского региона и большая изменчивость от поста к посту вклада короткопериодных вариаций в наблюдаемую полную массу дымового аэрозоля. Все перечисленные выше признаки короткопериодной изменчивости концентрации дымового аэрозоля свидетельствуют о том, что она обусловлена, главным образом, близкими источниками, а именно непосредственно наблюдавшимися крупными кострами в Московской области при сжигании порубочных остатков.

Второй тип вариаций РМ-10 отличается квазирегулярным суточным ходом концентрации аэрозоля. В рассматриваемый период времени он наблюдался на всех постах экологического мониторинга в Московском регионе. Эти вариации концентрации РМ-10 обусловлены дальним переносом дымового аэрозоля в Московский регион. Представление о дальнем переносе дымового аэрозоля можно получить, анализируя траектории переноса воздушных масс и данные аэрокосмического мониторинга аэрозольной оптической толщи.

Аэрокосмический мониторинг задымления европейской территории России в октябре 2014 г.

С целью выявления источников задымления Московского региона в октябре 2014 г. для г. Москвы были рассчитаны по методике Гидрометцентра РФ обратные суточные траектории переноса воздушных масс в период с 7 по 14 октября 2014 г. (рис. 3). Видно, что в периоды с 8 по 10 октября и с 12 по 14 октября 2014 г. имел место перенос воздушных масс с юго-западного направления, в частности через Брянскую область РФ и северо-восточные районы Украины.

Анализ данных аэрокосмического мониторинга на территории Восточной Европы показал, что в рассматриваемый период как в западных областях РФ, так и на Украине наблюдалось сравнительно много пожаров. В качестве примера на рис. 4 показано (по данным аэрокосмического мониторинга с использованием спутников Aqua и Terra) для 10.10.2014 г. на территории, ограниченной координатами 45–60° с.ш. и 24–47° в.д., пространственное распре-

ление пожаров с радиационной мощностью, превышающей 100, 250 и 500 МВт.

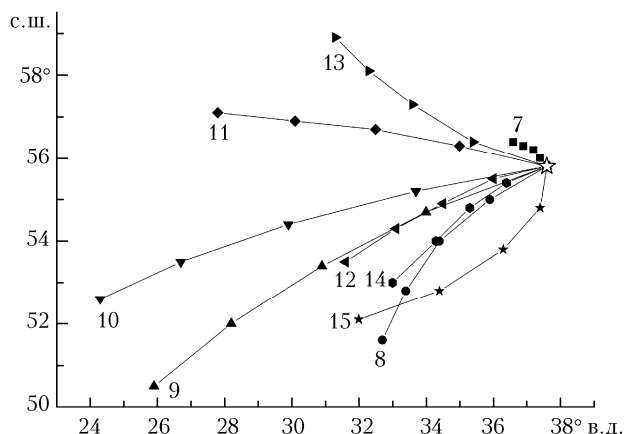


Рис. 3. Обратные суточные траектории переноса воздушных масс

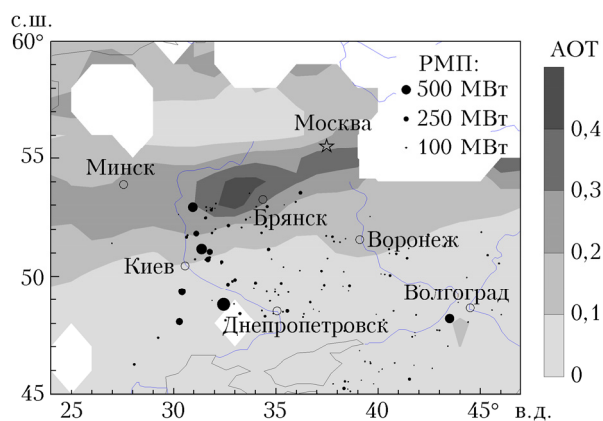


Рис. 4. Пространственное распределение аэрозольной оптической толщи и пожаров 10.10.2014 г. по данным MODIS

Наблюдаемое с помощью установленных на спутниках Aqua и Terra спектрометров MODIS распределение АОТ для длины волны 550 нм (рис. 4) дало возможность оценить пространственные масштабы задымления ЕТР в октябре 2014 г., включая Московский регион.

В целом полученные пространственные распределения АОТ и пожаров в совокупности с обратными траекториями свидетельствуют о наличии удаленных от Москвы сравнительно сильных пожаров и весомом вкладе дальнего переноса в задымление Московского региона. К сожалению, наличие облачности не позволило выполнить в полном объеме исследование пространственного распределения задымления ЕТР в октябре 2014 г.

Из анализа наблюдаемых пространственных распределений АОТ следует, что в рассматриваемый период некоторый вклад в аэрозольное загрязнение Московского региона мог также внести дальний перенос антропогенного аэрозоля из Западной Европы.

Важной особенностью обсуждаемого задымления Московского региона является сопоставимый

вклад в наблюдаемые оптические и микрофизические характеристики ДА в регионе ближних и дальних источников. В связи с этим большой интерес представляют результаты статистического анализа вариаций массовой концентрации ДА.

Статистический анализ вариаций массовой концентрации дымового аэрозоля в задымленной атмосфере Московского региона

Статистические характеристики [18] вариаций РМ-10 $\equiv M$, включая средние \bar{M} и максимальные M_{\max} значения, стандартные отклонения σ и коэффициенты вариаций $\gamma = \sigma/\bar{M}$, значения параметра асимметрии $A = n^{-1}\sigma^{-3} \sum_k m_k^3$, где k – номер измерения,

n – число измерений, $m_k = M_k - \bar{M}$ ($k = 1, 2, \dots, n$) и M_k – наблюдаемые концентрации, а также величина эксцесса $E = -3 + n^{-1}\sigma^{-4} \sum_k m_k^4$

рассчитаны по данным измерений в Московском регионе на постах экологического мониторинга с 5 по 16 октября 2014 г. Значения γ для ДА (0,63–0,69) оказались несколько меньше соответствующих значений для аэрозоля в незадымленной атмосфере г. Москвы (0,71–0,98) [19]. Для ДА параметр асимметрии на всех постах (см. таблицу) существенно меньше (0,38–0,80), чем для типичного аэрозоля (2,6–4,0) [19]. Если для типичного аэрозоля эксцесс значительно больше единицы (14–44) [19], то для ДА в октябре 2014 г. параметр E (см. таблицу) отрицателен (–0,31÷–0,78) на всех постах, кроме Мелитопольской ул. ($E = 1,09$). Поэтому неудивительно, что эмпирические функции распределения (ЭФР) массовой концентрации для ДА существенно отличаются от ЭФР (распределение вероятностей W) для грубодисперсного аэрозоля [19].

Статистические характеристики вариаций РМ-10 на станциях мониторинга в Московском регионе

Параметр	Станция					
	1	2	3	4	5	6
\bar{M} , мг/м ³	0,028	0,033	0,030	0,034	0,027	0,036
M_{\max} , мг/м ³	0,125	0,088	0,115	0,124	0,080	0,151
σ , мг/м ³	0,019	0,021	0,020	0,022	0,018	0,024
γ	0,69	0,65	0,68	0,63	0,67	0,67
A	0,57	0,57	0,47	0,38	0,55	0,80
E	–0,31	–0,58	–0,33	–0,78	–0,73	1,09

На рис. 5 представлены ЭФР логарифма массовой концентрации дымового аэрозоля (M , или РМ-10), построенные по данным измерений на постах Кожухово (1) и Мелитопольская ул. (2) в рассматриваемый период.

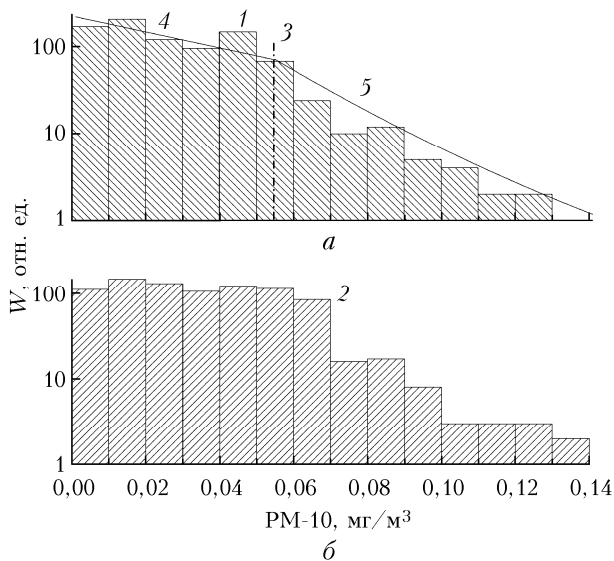


Рис. 5. Эмпирические функции распределения РМ-10 на постах Кожухово и Мелитопольская ул.

Эмпирическая функция распределения логарифма РМ-10 для Кожухово (рис. 5, 1) аппроксимирована кусочно-линейной функцией (экспоненциальное распределение для РМ-10 (4 и 5)). Отметим работу [20], в которой были получены экспоненциальные распределения для водности облаков. Левая часть аппроксимирующего распределения в диапазоне изменения M от 0 до $0,055 \text{ мг/м}^3$ (рис. 5, штриховая линия 3) с удовлетворительной точностью аппроксимируется соответствующим отрезком прямой $\lg W = -9,12M + 2,35$ (рис. 5, 4). Для правой части данной ЭФР более точной по сравнению с линейной является параболическая аппроксимация (рис. 5, 5):

$$\begin{aligned} \lg W &= 2,34 - 16,1M + 49,4(M - 0,145)^2 = \\ &= 49,4M^2 - 30,43M + 2,36. \end{aligned} \quad (3)$$

Левая часть ЭФР M для поста на Мелитопольской ул. (рис. 5, 2) с удовлетворительной точностью аппроксимируется константой.

Количественные характеристики временной изменчивости РМ-10 в задымленной атмосфере можно получить методом спектрального анализа [21, 22]. Учитывая ограниченность длительности измерений, рассмотрим спектры вариаций РМ-10 на частотах $f > 0,3 \text{ сут}^{-1}$. Спектральная плотность мощности [21, 22] вариаций РМ-10 на посту Кожухово в рассматриваемый период удовлетворительно аппроксимируется степенной функцией $S(f) = Af^{-n}$, где S – спектральная плотность мощности; A – константа; f – частота и $n = 1,72$. Согласно данным измерений на Мелитопольской ул. $n = 1,88$ для диапазона изменения частоты $f > 2 \text{ сут}^{-1}$, а для диапазона $0,3 < f < 1,5 \text{ сут}^{-1}$ показатель $n \approx 0$. Более детальную информацию о временной изменчивости РМ-10 в рассматриваемых условиях можно получить, анализируя спектральные зависимости $P(f) = fS(f)$ (рис. 6) [21]. В спектре $P(f)$ для поста Кожухово отчетливо выражена суточная гармоника (рис. 6, 2) вариаций РМ-10, а в спектре $P(f)$ для

поста на Мелитопольской ул. – полусуточная гармоника (рис. 6, 3). Указанные различия обусловлены тем, что на Мелитопольской ул. определяющий вклад в вариации РМ-10 вносят ближние источники ДА, а на посту Кожухово – дальний перенос ДА.

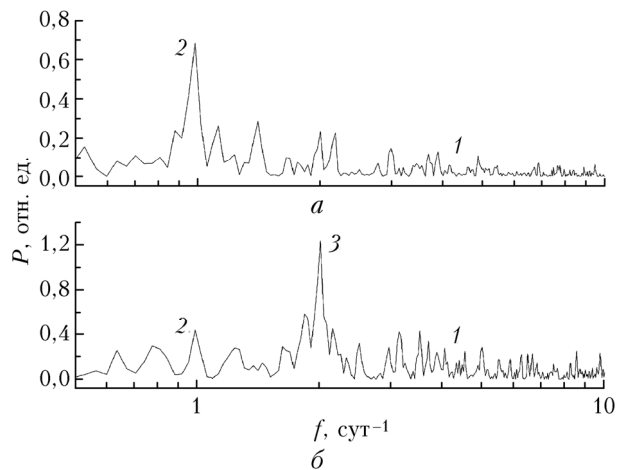


Рис. 6. Спектральные зависимости (1) $P(f) = fS(f)$ для вариаций РМ-10 на постах Кожухово (а) и Мелитопольская ул. (б). Обозначения: 2 – суточная гармоника; 3 – полусуточная гармоника

О статистических связях между вариациями РМ-10 на разных постах можно судить по спектральному коэффициенту корреляции

$$\rho_{jk}(f) = \frac{S_{jk}(f)}{\sqrt{S_j(f)S_k(f)}}, \quad (4)$$

где $S_j(f)$ и $S_k(f)$ – спектры плотности мощности вариаций РМ-10 на j -м и k -м постах; $S_{jk}(f)$ – соответствующий взаимный спектр [21, 22]. На рис. 7 показан коэффициент корреляции $\rho(f)$ вариаций РМ-10 на постах Кожухово и Марьинский парк (рис. 7, 1) и $\rho(f)$ на постах Мелитопольская ул. – Марьинский парк (рис. 7, 2). Нетрудно, в частности, видеть, что на частотах $f > 3 \text{ сут}^{-1}$ значения РМ-10 на разных постах слабо коррелируют друг с другом.

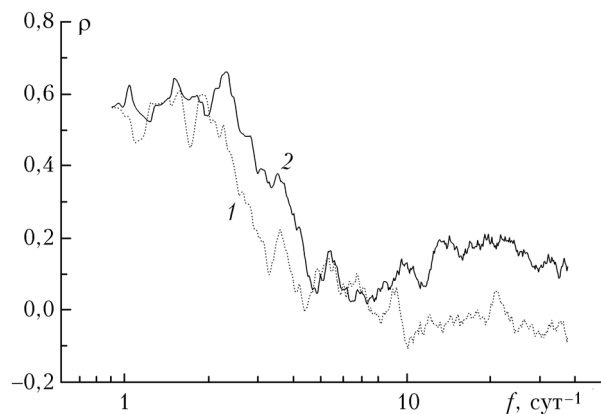


Рис. 7. Спектральный коэффициент корреляции вариаций РМ-10 на постах Кожухово и Марьинский парк (1), Мелитопольская ул. – Марьинский парк (2)

Таким образом, статистические характеристики вариаций массовой концентрации аэрозоля PM-10 в задымленной атмосфере Московского региона осенью 2014 г., аэрозоля задымленной атмосферы в 2002 и 2010 гг. [2, 8] и типичного аэрозоля [19] заметно различаются, что обусловлено сопоставимыми вкладами в наблюдаемую массовую концентрацию аэрозоля локальных пожаров в Московской области и дальнего переноса ДА.

Заключение

Проанализированы вариации массовых концентраций аэрозоля PM-10 и PM-2,5 по данным экологического мониторинга, массовой концентрации субмикронного (тонкодисперсного) аэрозоля по данным нефелометрических измерений на ЗНС ИФА и массовой доли сажи в г. Москве при задымлении атмосферы осенью 2014 г. Совместный анализ обратных траекторий переноса воздушных масс и данных аэрокосмического мониторинга пространственного распределения и радиационной мощности пожаров, а также пространственного распределения аэрозольной оптической толщи с помощью спектрометров MODIS, установленных на спутниках Aqua и Terra, показал, что значительный вклад в наблюдаемое осенью 2014 г. задымление вносил дальний перенос дымового аэрозоля, возникавшего при пожарах на западе ЕТР и северо-востоке Украины. Из анализа временной изменчивости массовой концентрации аэрозоля PM-10 на нескольких постах экологического мониторинга в Московском регионе следует, что наряду с дальним переносом ДА в рассматриваемый период существенный вклад в наблюдаемое задымление вносили локальные рукотворные источники дыма в результате сжигания порубочных остатков в лесах Московской области.

Результаты измерений массовой доли сажи в аэрозоле и отношения массовых концентраций аэрозоля PM-2,5 и PM-10 свидетельствуют о сходстве ДА в октябре 2014 г. с ДА, возникающим при крупномасштабных пожарах в бореальных лесах, и об определяющем вкладе тонкодисперсной фракции в суммарную концентрацию аэрозоля.

Установлено, что статистические характеристики вариаций массовой концентрации аэрозоля PM-10 в Московском регионе осенью 2014 г. существенно отличаются от статистических характеристик вариаций массовой концентрации аэрозоля в незадымленной атмосфере и при крупномасштабных задымлениях ЕТР в 2002 и 2010 гг., что обусловлено совместным и сопоставимым по величине влиянием двух различных источников ДА в октябре 2014 г. (удаленные и близкие лесные пожары). Здесь следует отметить значительное отличие полученных осенью 2014 г. эмпирических функций распределения PM-10 от нормальных и логонормальных распределений и конкуренцию между суточной и полусуточной гармониками в спектрах плотности мощности вариаций PM-10.

В работе использованы результаты мониторинга массовых концентраций аэрозоля PM-10 и PM-2,5 на сети автоматических постов контроля качества атмосферного воздуха ГБПУ «Мосэкомониторинг».

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант 14-47-00049).

Авторы статьи благодарят сотрудников миссии MODIS и персонал NASA за возможность свободного доступа к данным АОТ и характеристикам очагов горения, использованным в данной работе.

1. Горчаков Г.И., Аникин П.П., Волох А.А., Емиленко А.С., Исаков А.А., Копейкин В.М., Пономарева Т.Я., Семутникова Е.Г., Свириденков М.А., Шукуров К.А. Исследование состава задымленной атмосферы Московского региона // Докл. РАН. 2003. Т. 390, № 2. С. 251–254.
2. Горчаков Г.И., Аникин П.П., Волох А.А., Емиленко А.С., Исаков А.А., Копейкин В.М., Пономарева Т.Я., Семутникова Е.Г., Свириденков М.А., Шукуров К.А. Исследование состава задымленной атмосферы Москвы во время пожаров торфяников летом–осенью 2002 г. // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 2004. Т. 40, № 3. С. 366–380.
3. Горчаков Г.И., Свириденков М.А., Семутникова Е.Г., Чубарова Н.Е., Холбен Б.Н., Смирнов А.В., Емиленко А.С., Исаков А.А., Копейкин В.М., Карпов А.В., Лезина Е.А., Задорожная О.С. Оптические и микрофизические характеристики аэрозоля задымленной атмосферы Московского региона в 2010 году // Докл. РАН. 2011. Т. 437, № 5. С. 686–690.
4. Ситнов С.А. Спутниковый мониторинг содержания газовых примесей атмосферы и оптических характеристик атмосферного аэрозоля над европейской территорией России в апреле–сентябре 2010 года // Докл. РАН. 2011. Т. 437, № 1. С. 102–107.
5. Gorchakov G.I., Sitnov S.A., Sviridenkov M.A., Semutnikova E.G., Emilenko A.S., Isakov A.A., Kopeikin V.M., Karpov A.V., Gorchakova I.A., Verichev K.S., Kurbatov G.A., Ponomareva T.Ya. Satellite and ground-based monitoring of smoke in the atmosphere during the summer wildfires in European Russia in 2010 and Siberia in 2012 // Int. J. Remote Sens. 2014. V. 35, N 15. P. 5698–5721.
6. Kozlov V.S., Yausheva E.P., Terpugova S.A., Panchenko M.V., Chernov D.G., Shmargunov V.P. Optical-microphysical properties of smoke haze from Siberia forest fires in summer 2012 // Int. J. Remote Sens. 2014. V. 35, N 15. P. 5722–5741.
7. Sakerin S.M., Bedareva T.V., Zhuravleva T.B., Kabanov D.M., Nasrtdinov I.M., Turchinovich Yu.S. Aerosol radiative characteristics during smoke mist in Siberia // Proc. Int. Symp. «Atmospheric Radiation and Dynamics» (ISARD-2013). 24–27 June 2013, Petrodvorets, Saint-Petersburg, Russia. Saint-Petersburg: Saint-Petersburg State University, 2013. P. 67.
8. Горчаков Г.И., Семутникова Е.Г., Исаков А.А., Копейкин В.М., Карпов А.В., Курбатов Г.А., Лезина Е.А., Пономарева Т.Я., Соколов А.В. Московская дымная мгла 2010 г. Экстремальное аэрозольное и газовое загрязнение воздушного бассейна Московского региона // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 6. С. 452–458.
9. Ситнов С.А., Горчаков Г.И., Свириденков М.А., Копейкин В.М., Пономарева Т.Я., Карпов А.В. Влияние атмосферной циркуляции на эволюцию и радиационный форсинг дымового аэрозоля на европейской части России летом 2010 г. // Исслед. Земли из космоса. 2013. № 2. С. 28–41.
10. Solomon P.A., Sioutas C. Continuous semicontinuous monitoring techniques for particulate matter mass and

- chemical components: A synthesis of findings from EPA's particulate matter supersites program and related studies // *J. Air Waste Manage. Assoc.* 2008. V. 58. P. 164–195.
11. *Исаков А.А.* Спектрополяриметрические и нефелометрические исследования приземного аэрозоля в период лесных и торфяных пожаров в Подмосковье в 2002 г. // *Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана.* 2003. Т. 39, № 6. С. 791–798.
 12. *Копейкин В.М.* Сажевый аэрозоль в атмосфере города Москвы // *Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана.* 1998. Т. 34, № 1. С. 104–110.
 13. *Salomonson V.V., Barnes W.L., Maymon P.W., Montgomery H.E., Ostrow H.* MODIS, Advanced Facility Instrument for Studies of the Earth as a System // *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 1989. V. 27. P. 145–153.
 14. *Levy R.C., Remer L.A., Mattoo S., Vermote E.F., Kaufman Y.J.* Second-Generation Operational Algorithm: Retrieval of Aerosol Properties over Land from Inversion of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Spectral Reflectance // *J. Geoph. Res.* 2007. V. 112. D13211.
 15. *Giglio L., Descloitres J., Justice C.O., Kaufman Y.J.* An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS // *Remote Sens. Environ.* 2003. V. 87. P. 273–282.
 16. *Justice C.O., Giglio L., Korontzi S., Owens J., Morisette J.T., Roy D., Descloitres J., Alleaume S., Petitcolin F., Kaufman Y.* The MODIS Fire Products // *Remote Sens. Environ.* 2002. V. 83. P. 244–262.
 17. *Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604.* Дополнение № 8 к ГН 3.1.6.1338-03. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. URL: <http://rospotrebnadzor.ru/documents/postanov/28308/print/>
 18. *Смирнов Н.В., Душин-Барковский Н.В.* Краткий курс математической статистики для технических приложений. М.: Физматгиз, 1959. 436 с.
 19. *Горчаков Г.И., Аношин Б.А., Семутникова Е.Г.* Статистический анализ вариаций массовой концентрации грубодисперсного аэрозоля в г. Москве // *Оптика атмосф. и океана.* 2007. Т. 20, № 6. С. 501–505.
 20. *Довгалоюк Ю.А., Игнатъев А.А.* Статистика водности полей облаков, динамика атмосферы и климата // *Международная конференция, посвященная памяти академика А.М. Обухова.* Тезисы докл. М.: ГЕОС, 2013. С. 106–108.
 21. *Ламли Д.Л., Пановский Г.А.* Структура атмосферной турбулентности. М.: Мир, 1966. 264 с.
 22. *Бендат Д., Пирсол А.* Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир, 1989. 541 с.

G.I. Gorchakov, V.M. Kopeikin, S.A. Sitnov, E.G. Semoutnikova, M.A. Sviridenkov, A.V. Karpov, E.A. Lezina, A.S. Emilenko, A.A. Isakov, G.A. Kuznetsov, T.Ya. Ponomareva. **Moscow smoke haze in October 2014. Aerosol mass concentration variations.**

Aerosol mass concentration variations in a smoky atmosphere of Moscow region in autumn 2014 have been analyzed. The soot mass fraction and ratio between aerosol mass concentrations PM-2.5 and PM-10 were typical of the fires in boreal forests. Smoke screening of the Moscow region was due to long-range transfer of the smoke aerosol, that was confirmed by a joint analysis of aerospace monitoring data and inverse trajectories of air mass transfer, and local fires in Moscow region. As the result, statistical characteristic variations of the smoke aerosol mass concentrations, including empirical probability distributions and power spectra, turned to be non-typical.