

А.А. Исаков, А.Н. Груздев, А.В. Тихонов

О долгопериодных вариациях оптических и микрофизических параметров приземного аэрозоля

Институт физики атмосферы РАН, г. Москва

Поступила в редакцию 2.02.2005 г.

По данным измерений в 2001–2004 гг. на Звенигородской станции Института физики атмосферы проанализированы вариации трех основных характеристик приземного аэрозоля: массовой концентрации M , параметра Ангстрема α и параметра конденсационной активности χ . С привлечением данных за предшествующий десятилетний период показано, что продолжавшееся около десятилетия уменьшение среднегодового значения M в Центральной России прекратилось в начале этого века и в течение последних трех лет наблюдается его постепенный рост. Связано это с уменьшением частоты случаев с очень малыми и увеличением частоты случаев с очень большими, вплоть до 250 мкг/м^3 , значениями M . Проанализированы спектры аэрозольных параметров. Помимо известных периодов вариаций $\sim 5, 7, 10$ и 45 сут, обнаружены периоды около $14, 20$, и 90 сут. Вейвлетный анализ показал, что вариации группируются в виде ограниченных во времени серий; период и амплитуда колебания внутри серий непостоянны. Показано, что долгопериодные вариации M могут иметь преимущественно концентрационную природу, когда на больших временных интервалах отсутствует связь M с параметром Ангстрема, и могут быть обусловлены изменением среднего размера частиц. Выявлены интервалы времени длительностью до нескольких месяцев с высокой степенью отрицательной корреляции между значениями M и χ (модуль коэффициента корреляции $> 0,7$).

Введение

Изменчивость приземного аэрозоля обусловлена разнообразными факторами, зависящими от географического положения и времени года. Важнейшую роль в изменчивости аэрозоля в центральной области России играет смена воздушных масс. Массовая концентрация аэрозоля в морской арктической воздушной массе, располагающейся в тыловой части холодного фронта арктического циклона, может опускаться до значений $\sim 5 \text{ мкг/м}^3$. В замутненной континентальной воздушной массе теплого сектора циклона или тыловой части антициклона значения массовой концентрации аэрозоля значительно более высокие. Соотношение суммарных длительностей нахождения точки наблюдения в той или иной воздушной массе во многом определяет и среднегодовое значение содержания аэрозоля в данной местности.

Временные вариации аэрозольных характеристик анализировались разными авторами. Исторически первые длинные ряды прозрачности атмосферы были получены по измерениям на озонметрической сети станций. На основе этих данных в [1] с помощью спектрального анализа было установлено наличие вариаций прозрачности атмосферы с периодами от 2 сут до 2 мес и сделана попытка связать некоторые из периодичностей с метеорологическими процессами в атмосфере.

Исследование вариаций собственно оптических характеристик приземного аэрозоля начиналось с получения относительно коротких рядов длиной

в несколько месяцев. Так, в [2] были обнаружены суточный ход коэффициента рассеяния и «цуг» из нескольких квазипериодических колебаний, связанных с синоптическим циклом. В [3] на основе более длинных рядов наблюдений получен годовой ход массовой концентрации субмикронного аэрозоля. В 1991 г. В.Н. Сидоровым были начаты регулярные измерения массовой концентрации приземного аэрозоля на Звенигородской научной станции ИФА (ЗНС) [4]. В середине 90-х гг. XX в. в ИОА СО РАН [5], а несколько позднее и в Казанском государственном университете [6] начаты комплексные наблюдения составляющих атмосферы, в том числе и массовой концентрации аэрозольных частиц. Анализ полученного материала позволил выявить ряд закономерностей изменчивости аэрозольных характеристик. В частности, в [6] установлено существование вариаций с периодом около 50 сут для атмосферных примесей и метеоэлементов. Интересно отметить, что вариации с близким периодом обнаружены в приземном содержании двуокиси азота (NO_2) на ЗНС [7]. Достаточно хорошее соответствие по времени пиковых значений содержания NO_2 в приземном слое и массовой концентрации приземного аэрозоля установлено в [8] для периода летних пожаров в Подмоскovie в 2002 г.

Задача нашей работы состоит в анализе временной изменчивости трех основных параметров субмикронного аэрозоля: массовой концентрации, параметра конденсационной активности и параметра Ангстрема с целью изучения вариаций указанных

характеристик на временных масштабах от нескольких суток до месяцев.

Аппаратура и методика

Анализируемые данные получены в течение 2001–2004 гг. на Звенигородской научной станции ИФА с помощью спектрополяриметра. Станция расположена в сельской местности примерно в 50 км к западу от Москвы. Спектрополяриметр регистрирует поляризационные компоненты индикатрисы рассеяния D на углах 45° , 90° и 135° в спектральном диапазоне $0,4\text{--}0,75\ \mu\text{м}$ с шагом по длине волны $20\ \text{нм}$. Прибор оборудован низкотемпературным нагревателем для контролируемого подогрева и осушки исследуемого аэрозоля.

Измерения проводились практически ежедневно, и количество пропусков (по причинам неисправности прибора, отключения электричества), например, в 2004 г. составило несколько дней. Время записи одной регистрограммы составляло 13 мин; обычно прописывался блок из 5 регистрограмм, и выводились средние значения параметров. На их основе рассчитывались средние за 1 сут значения параметров. При спектральном и вейвлетном анализе пропуски заполнялись путем интерполяции.

В данной работе используются три характеристики аэрозоля: массовая концентрация M , крутизна спектрального хода индикатрисы рассеяния α (параметр Ангстрема) и параметр конденсационной активности χ . Массовая концентрация аэрозоля M оценивалась по величине индикатрисы рассеяния D на угле 45° , на длине волны $0,54\ \mu\text{м}$ по известной формуле $M = 3000D$, где M выражается в $\text{мкг}/\text{м}^3$, а D — в $\text{км}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$. Средняя точность определения M составляет около 20%. Использование величины M более привычно для занимающихся исследованием аэрозолей, нежели использование D . Оценка конденсационной активности (или параметра Хендла χ) получалась коротким методом по двум значениям индикатрисы (D_1 и D_2), полученным при различных значениях температуры и, соответственно, относительной влажности воздуха (Rh_1 и Rh_2) в рабочей камере прибора:

$$D(Rh_{1,2}) = D(Rh = 0) (1 - Rh_{1,2})^{-\chi}, \quad (1)$$

откуда следует

$$\chi = \ln(D_1/D_2) / (\ln(1 - Rh_2) / (1 - Rh_1)). \quad (2)$$

Таким образом, χ есть рассчитанный по формуле (2) оптический отклик аэрозоля на уменьшение относительной влажности воздуха, полученное путем его нагрева. Параметр χ по смыслу близок к характеристике конденсационной активности γ , используемой в ИОА СО РАН (в ИОА аэрозоль, наоборот, увлажняют [5]), а в условиях применимости формулы (1) в диапазоне $Rh = 40\text{--}80\%$ он с ней совпадает. Ошибки определения χ обусловлены в первую очередь флуктуациями характеристик аэрозоля из-за его пространственно-временной

неоднородности и составляют в среднем около 0,1. В 2004 г. для обеспечения достаточно большого перепада Rh измерения проводились в основном утром или вечером при достаточно высоком начальном значении Rh . Это позволило получить почти непрерывный ряд ежедневных значений χ . В предыдущие годы измерения выполнялись в основном в дневное время, и относительная влажность в осенне-летний период порой составляла менее 30%, что практически исключало возможность определения χ по формуле (2).

Параметр Ангстрема — это показатель степени α при аппроксимации спектрального хода индикатрисы рассеяния обратностепенным законом:

$$D(\varphi = 45^\circ, \lambda) \sim \lambda^{-\alpha}. \quad (3)$$

Параметр α определялся для всех спектральных зависимостей D методом линейной регрессии. Более чем в 90% случаев относительная ошибка его оценки составила 5–7%.

Напомним, что основной вклад в вариации M дают изменения концентрации частиц. Распределение частиц по размерам в области радиусов, обеспечивающих наибольший вклад в M , в первом приближении описывается обратностепенным законом, и вариации распределения в основном сводятся к изменению показателя степени. С последним тесно связан параметр α . Таким образом, значение α почти не зависит от концентрации частиц и связано с M , главным образом, через характеристики распределения. Выполненные нами исследования показывают, что вариации параметра α обеспечивают около половины полной дисперсии вариаций M . Таким образом, согласованность или несогласованность вариаций M и α позволяют делать вывод относительно того, вариации какой из величин — концентрации или среднего размера частиц — дают основной вклад в вариации массовой концентрации аэрозоля.

Параметр χ по определению (2) не зависит от численной концентрации частиц. Коэффициент корреляции между χ и M , рассчитанный по большому массиву данных (около 3 лет), составляет примерно $-0,3$; существует тенденция к уменьшению величины и разброса значений параметра χ с ростом M .

Для анализа данных измерений применялись различные методы. Метод скользящего осреднения позволяет отфильтровать высокочастотные составляющие изменчивости и сделать более наглядной картину низкочастотных вариаций. Спектральный анализ с помощью метода максимальной энтропии, обладающий повышенным спектральным разрешением, позволяет выявить периодичности с временным масштабом, близким к длине ряда, и полезен для анализа низкочастотных вариаций. Вейвлетный анализ, дополняя спектральный анализ, позволяет выделить отдельные вариации и оценить их временной масштаб. В работе использован вейвлет Морле. При выполнении вейвлетного анализа применялась авторегрессионная экстраполяция рядов на краях [9].

Результаты и их обсуждение

Анализ среднегодовых значений массовой концентрации аэрозоля на ЗНС с 1991 по 2004 г. с использованием данных В.Н. Сидорова за период до 2001 г. выявляет минимум среднегодового содержания $\langle M \rangle = 23 \text{ мкг/м}^3$ в 2001 г. (здесь и далее угловые скобки означают осреднение). Оценка $\langle M \rangle$ в 2002 г. по 10 мес (исключен период сильнейшего задымления в результате лесных пожаров) дает несколько большее ее значение, чем в 2001 г. В 2003 г. значение $\langle M \rangle$ примерно в полтора раза, а в 2004 г. ($\langle M \rangle \approx 40 \text{ мкг/м}^3$) почти вдвое превысило уровень $\langle M \rangle$ в 2001 г.

Процесс нарастания $\langle M \rangle$ от года к году проходил следующим образом. 2001 г. характеризовался большим количеством ситуаций с малым содержанием M и практически полным отсутствием плотных дымок со значением M более 150 мкг/м^3 . Наиболее вероятное значение M в этот и последующие годы практически не изменялось и составило около 50 мкг/м^3 . По сравнению с 2001 г. в 2003 г. резко снизилось относительное количество дней с малым значением M и несколько возросло количество дымок с величиной M более 100 мкг/м^3 . Наконец, в 2004 г. при примерно одинаковом с 2003 г. количестве случаев слабого рассеяния резко возросло количество плотных и очень плотных (с $M > 150 \text{ мкг/м}^3$) дымок. С позиции метеорологии это нарастание $\langle M \rangle$ могло бы быть связано со смещением траекторий циклонов к северу, что привело бы к ослаблению влияния холодных секторов арктических циклонов. Однако подтверждение или опровержение роли этого механизма требует специального исследования.

Сказанное выше иллюстрируется на рис. 1 гистограммой повторяемости различных величин M в 2001, 2003 и 2004 гг.

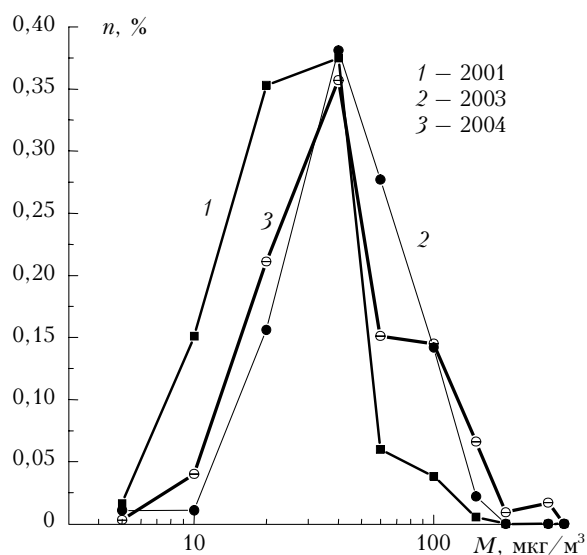


Рис. 1. Гистограмма повторяемости значений массовой концентрации M субмикронного приземного аэрозоля на Звенигородской научной станции в 2001, 2003 и 2004 гг.

Несколько неравномерная по логарифму M разбивка интервалов гистограммы вызвана желанием «оттенить» длинное правое крыло кривой для 2004 г. Именно поведение крыльев распределений при практически неизменной наиболее вероятной величине M определило тенденцию роста среднегодового значения M в течение этих лет. Добавим попутно, что в 2004 г. в районе ЗНС, пожалуй, впервые за последнее десятилетие вновь наблюдались классические радиационные туманы (часто в метеорологии туманом ошибочно называют ситуации, классифицированные Г.В. Розенбергом как плотные туманные дымки, когда относительная влажность воздуха близка к 100%, но не достигнуто необходимое для формирования настоящего тумана пересыщение).

На рис. 2 приведен временной ход средне-суточных значений M и α и значений этих параметров, полученных в 2001 г. скользящим осреднением по 15 точкам. Скользящее осреднение позволило более отчетливо выделить в обеих характеристиках практически синхронные колебания большой амплитуды со средним периодом около 45 сут.

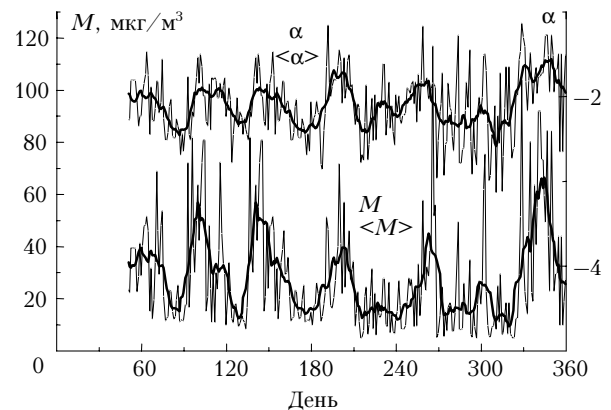


Рис. 2. Среднесуточные значения (тонкие кривые) и скользящие 15-суточные средние значения (жирные кривые) массовой концентрации M и параметра Ангстрема α в 2001 г.

Этот период близок к периоду, обнаруженному в вариациях содержания атмосферных примесей и метеоэлементов [1, 6, 7]. Заметим, что ни раньше, ни позже столь отчетливых вариаций M с этим периодом на ЗНС не наблюдалось, хотя на спектрах он, как правило, присутствует. Синхронность колебаний M и α говорит о том, что практически в течение всего года вариации M были обусловлены в основном изменением среднего размера частиц. Несмотря на большой размах этих колебаний, сохранились основные черты среднего сезонного хода M : апрельский максимум и летний минимум; отношение значений M в максимуме и минимуме составило примерно 2.

Совершенно иная картина наблюдалась в 2004 г. На рис. 3 для 2004 г. приведен ход среднемесячных значений массовой концентрации M и параметра α .

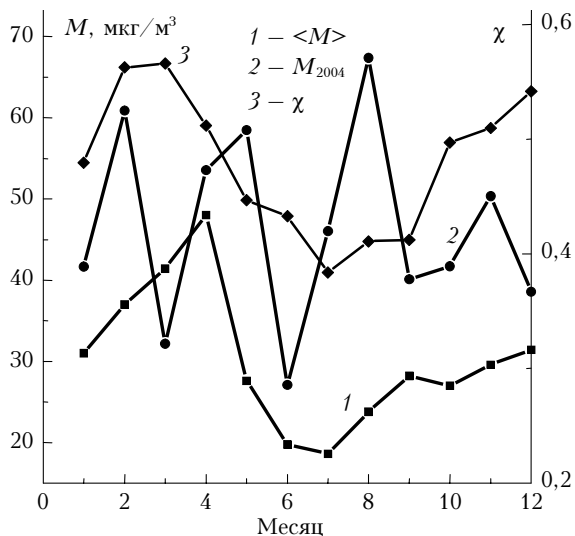


Рис. 3. Среднемесячные значения массовой концентрации M и параметра Хенела χ для 2004 г. и многолетний сезонный ход $\langle M \rangle$ по данным В.Н. Сидорова [4]

Кривая 1 на рис. 3 – заимствованный из работы [4] средний по восьми годам сезонный ход среднемесячных значений M . Особенности годового хода параметра χ вполне соответствуют установленным в [5] основным закономерностям с выраженным весенним максимумом и летним минимумом. Напротив, сезонный ход массовой концентрации M сильно отличается от многолетнего среднего хода, и иначе как аномальным его назвать трудно. Здесь даже визуально видны колебания с большой амплитудой и с периодом около 3 мес. Более точное значение периода этих колебаний, как показано ниже, составляет около 80 сут.

На рис. 4 приведен временной ход суточных и скользящих 15-суточных средних значений массовой концентрации M и параметра χ . Анализ M и α показал, что в 2004 г. в целом между ними не было связи, что указывает на концентрационную природу вариаций M . Поэтому для 2004 г. мы ограничились рассмотрением только M и χ .

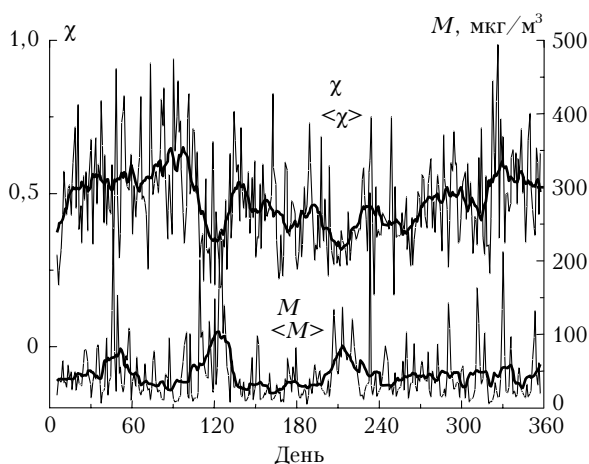


Рис. 4. Среднесуточные значения (тонкие кривые) и скользящие 15-суточные средние значения (жирные кривые) массовой концентрации M и параметра Хенела χ в 2004 г.

На кривой осредненных значений M отчетливо просматриваются три полных колебания с возрастающим (см. ниже рис. 6,б) периодом в окрестности 80 сут. Их амплитуда настолько велика, что отношение M в максимуме и минимуме достигает пяти. Поведение кривой для средних значений χ на рис. 4 имеет свои особенности. Можно выделить три участка кривой с постепенным ростом в течение января – марта, уменьшением в апреле – августе и последующим возрастанием χ . На последние два участка кривой (весна – лето – осень) наложены значительные вариации, которые, что самое неожиданное, хорошо коррелируют с вариациями M .

Данные 2001 и 2004 гг. проанализированы более подробно с помощью спектрального и вейвлетного анализа. Спектры исследуемых параметров приведены на рис. 5. В низкочастотной области спектров M и α в 2001 г. и в спектре χ в 2004 г. отчетливо видны спектральные максимумы на периодах ~45 сут.

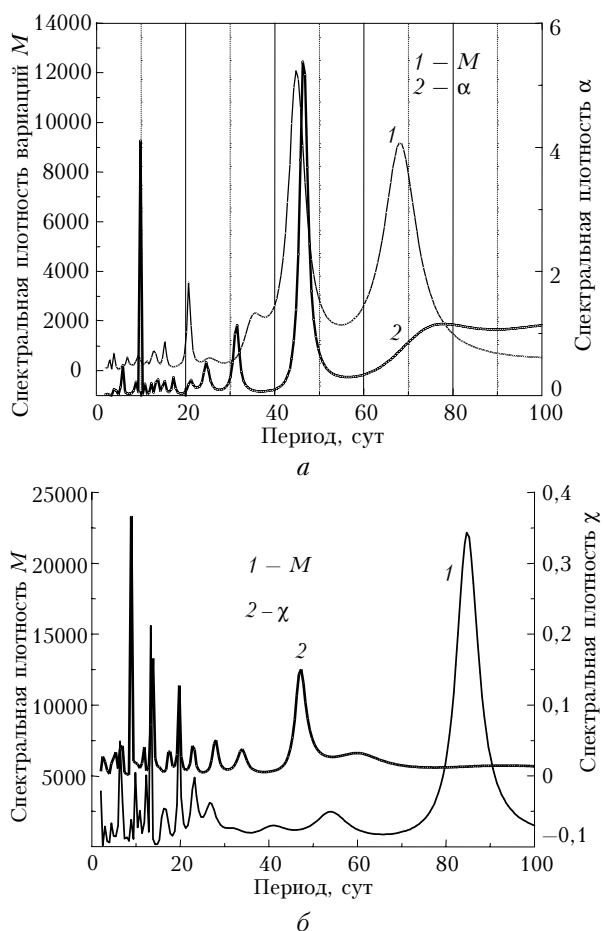


Рис. 5. Спектральные плотности вариаций массовой концентрации M и параметра Ангрэма α в 2001 г. (а) и массовой концентрации M и параметра Хенела χ в 2004 г.

Основная особенность низкочастотной части спектра M в 2004 г. – спектральный максимум с периодом около 85 сут. Пожалуй, единственная общая особенность, ярко проявляющаяся в спектрах M для обоих лет, – это наличие спектральных пиков с периодом ~20 сут. В целом же спектральная

картина изменчивости M в высокочастотной части (со значениями периодов менее 1 мес) в 2004 г. гораздо богаче, чем в 2001 г. Отметим наличие в 2004 г. вариаций со средними периодами около 7, 10 и 14 сут (рис. 5,б), которые близки к периодам, отмеченным в [1]. Спектральные максимумы M с периодами около 10, 14 и 20 сут имеют аналоги и в спектре χ . Однако на основании только спектрального анализа трудно сделать заключение о взаимосвязи между M и χ на этих частотах.

Спектральный анализ характеризует среднюю мощность флуктуаций за анализируемый период времени. Его дополняет вейвлетный анализ, позволяющий проследить за изменением интенсивности и периода вариаций. В частности, с его помощью можно попытаться выяснить, какие процессы отражает десятисуточный пик на рис. 5,б. На рис. 6,а и б приведены значения модуля вейвлетного преобразования массовой концентрации аэрозоля в 2001

и 2004 гг. Более темные участки соответствуют большим значениям модуля. Участки с замкнутыми изолиниями соответствуют отдельным, локализованным во времени, вариациям (как положительным, так и отрицательным относительно среднего уровня) данного временного масштаба (см. вертикальную ось).

Рис. 6,а подтверждает наличие в массовой концентрации аэрозоля в 2001 г. вариаций со средними периодами в окрестности 40–50 и 20 сут. Эти вариации происходят сериями в течение ограниченных отрезков времени. Низкочастотные колебания состоят из двух серий, и период вариаций внутри этих серий постепенно возрастает от ~30 до ~70 сут. Период ~45 сут на соответствующем спектре рис. 5,а отражает лишь вариации с максимальной амплитудой на рис. 6,а. Отметим наличие в спектре максимума на периоде около 70 сут. Очевидно, это есть результат осреднения части низкочастотных вариаций в конце 2001 г. (см. рис. 6,а).

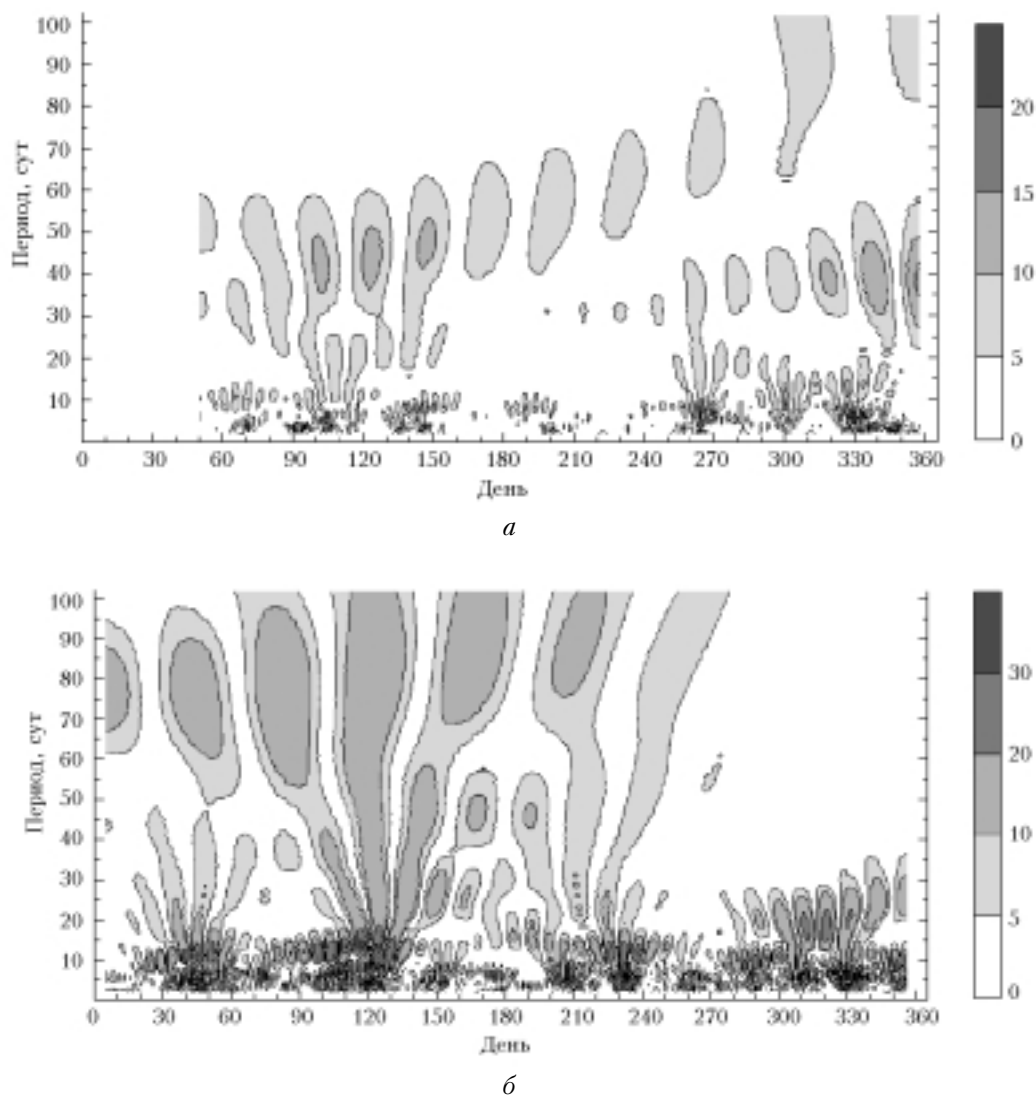


Рис. 6. Модуль вейвлет-преобразования массовой концентрации M в 2001 г. (а) и 2004 г. (б)

Необходимо отметить на рис. 6,а вариации с периодом около 10 сут, которые лишь слабо проявились в соответствующем спектре. Ослабление сигнала в спектральном его представлении может, в частности, быть связано с фазовым рассогласованием между отдельными сериями колебаний.

Вейвлет-преобразование M для 2004 г., как и спектральный анализ, выявляет вариации с периодом в окрестности 80–90 сут. В начале лета можно увидеть и слабую вариацию с периодом около 45–50 сут, который почти не проявился на спектре. Мощный 20-суточный пик в спектре на рис. 5,б обусловлен единственной серией вариаций в конце года (см. рис. 6,б и 4).

Вариации с периодами около 7, 10, 14 и 20 сут, уверенно обнаруженные с помощью спектрального анализа, проявились также и на рис. 6,б. Однако вариации со средними периодами 10 и 14 сут весной 2004 г. сливаются в единую серию, внутри которой можно говорить лишь о вариациях с периодом, изменяющимся в более широком диапазоне, примерно от 10 до 14 сут. В целом в течение 2004 г. можно выделить четыре серии вариаций с периодами в окрестности 10 сут. Заметим, что период повторяемости этих серий близок к периоду низкочастотных вариаций (~90 сут). Более того, эти серии приходятся как раз на интервалы с наиболее высокими значениями M , которые и определяют 90-суточную составляющую вариаций (см. рис. 6,б и несглаженную кривую M на рис. 4). Таким образом, взаимосвязь этих двух составляющих изменчивости аэрозоля можно рассматривать как модуляцию с низкочастотным периодом 90 сут более высокочастотных колебаний с периодом 10 сут. Физический механизм связи между вариациями на разных масштабах (в том числе, например, на масштабах 10–12 и 5–6 сут, см. рис. 6,б) требует специального исследования.

В [1] предложен механизм формирования периодов 10–12 и 17–18 сут за счет прохождения через точку наблюдения серий, состоящих из 3–5 циклонов и антициклона. Эта схема может подходить для объяснения 20-суточных вариаций в конце 2004 г. На временных развертках M практически каждый циклон в серии должен «отметиться» своими теплыми фронтом и сектором, т.е. пиками величины M . Именно подобные серии из 3–4 максимумов M видны в конце года на рис. 4 (см. несглаженную кривую M) и рис. 6,б (где в это время заметна серия вариаций с периодом около 5 сут).

В заключение на рис. 7 продемонстрируем согласованные вариации M и χ с характерным масштабом около 6 сут в период с середины февраля по конец апреля 2004 г. Жирные кривые на рис. 7 соответствуют двухсуточным средним значениям M и χ . Видны отчетливые и, что самое удивительное, противофазные вариации M и χ даже на несглаженных кривых. На этом отрезке времени (около двух с половиной месяцев!) модуль коэффициента корреляции указанных величин оказался больше 0,7.

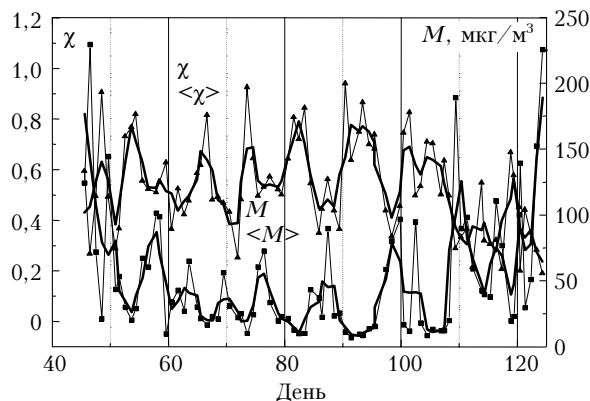


Рис. 7. Среднесуточные (тонкие кривые) и 2-суточные средние значения (жирные кривые) массовой концентрации M и параметра Хенела χ в феврале–апреле 2004 г.

Это означает, что половина дисперсий вариаций M и χ в этот период связана с одной и той же имеющей периодический характер причиной.

Выводы

По данным измерений в 2001–2004 гг. проанализированы вариации трех основных характеристик приземного аэрозоля: массовой концентрации M , параметра Ангстрема α и параметра конденсационной активности χ . С привлечением данных за предшествующий десятилетний период [4] показано, что продолжавшееся около десятилетия уменьшение среднегодового значения M в Центральной России прекратилось в начале текущего тысячелетия и в течение последних трех лет наблюдается его постепенный рост. Связано это с уменьшением частоты случаев с очень малыми значениями M и увеличением частоты случаев с очень большими, вплоть до 250 мкг/м³, значениями M . Показано, что долгопериодные вариации M могут иметь как преимущественно концентрационную природу, когда на больших временных интервалах отсутствует связь M с параметром Ангстрема, так и быть обусловленными изменением среднего размера частиц. В последнем случае это проявляется в наличии корреляции между вариациями M и α . Выявлены интервалы времени длительностью до нескольких месяцев с высокой степенью отрицательной корреляции между значениями M и χ (модуль коэффициента корреляции $> 0,7$). Проанализированы спектры аэрозольных параметров. Помимо известных периодов вариаций ~5, 7, 10 и 45 сут, обнаружены периоды около 14, 20, и 90 сут. Вейвлетный анализ показал, что вариации группируются в виде ограниченных во времени серий; период и амплитуда колебания внутри серий непостоянны.

Авторы благодарны М.В. Панченко, Б.Д. Белану и М.А. Свириденкову за полезные обсуждения. Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проект № 04-05-65061, программы ARM, проект № 5012, и гранта президента РФ НШ-1636.2003.5.

1. Зуев В.Е., Белан Б.Д., Задде Г.О. Оптическая погода. Новосибирск: Наука, 1990. 192 с.
2. Сидоров В.Н., Горчаков Г.И., Емиленко А.С., Свириденков М.А. Суточный ход оптических и микрофизических характеристик приземного аэрозоля // Изв. АН СССР. Физ. атмосфер. и океана. 1984. Т. 20. № 12. С. 1156–1164.
3. Емиленко А.С. Исследование вариаций концентрации субмикронного аэрозоля в атмосфере города // Сб. докл. Всесоюз. совещ. «Состояние и охрана воздушного бассейна курортных районов». Кисловодск, 1990. С. 53–60.
4. Сидоров В.Н. Сезонный и суточный ход содержания сухой фракции субмикронного аэрозоля в приземном слое // Тр. конф. «Физика атмосферного аэрозоля». М., 1999. С. 356–367.
5. Панченко М.В., Тертугова С.А., Яушева Е.П., Тулаков А.Г. Внутригодовая изменчивость конденсационной активности атмосферного аэрозоля // Тезисы тр. Междунар. конф. «Физика атмосферного аэрозоля». М., 1999. С. 254–255.
6. Хуторова О.Г. Взаимосвязь вариаций приземной концентрации атмосферных примесей в двух промышленных регионах Татарстана // Оптика атмосфер. и океана. 2004. Т. 17. № 6–7. С. 526–529.
7. Gruzdev A.N., Elokho A.S. Spectrometric measurements of NO₂ in the near-surface layer at Zvenigorod, Russia // Proc. Quad. Ozone Symp. 1–8 June 2004. Kos. Greece. P. 965–966.
8. Груздев А.Н., Исаков А.А., Шукурова Л.М., Елохов А.С., Шукуров К.А. Совместные исследования субмикронного аэрозоля и двуокиси азота в приземном слое атмосферы в период лесных и торфяных пожаров в Подмосковье в июле–сентябре 2002 г. // Докл. РАН. 2003. Т. 391. № 4. С. 540–544.
9. Gruzdev A.N., Bezverkhny V.A. Two regimes of the quasi-biennial oscillation in the equatorial stratospheric wind // J. Geophys. Res. D. 2000. V. 105. N 24. P. 29435–29443.

A.A. Isakov, A.N. Gruzdev, and A.V. Tikhonov. On long-period variations of optical and microphysical parameters of the near-surface aerosol.

Using the data of measurements of 2001–2004 at Zvenigorod Station of the Institute of Atmospheric Physics, variations of three basic characteristics of the near-surface aerosol are analyzed: the mass concentration M , the Angstrom exponent α , and the parameter of the condensation activity χ . Using data for the previous decade, it is shown that the decrease in the annual mean value of M lasting for about a decade in Central Russia has stopped in the beginning of this century, and at present, its gradual increase for the last three years is observed. This is due to decrease of cases with very low M values and to increase of cases with very high, up to 250 mcg/m³, values. Power spectra of aerosol parameters are analyzed. In addition to well known periods of variations of ~5, 7, 10, and 45 days, periods of about 14, 20, and 90 days have been found. Wavelet analysis shows that variations group as time-limited series, and the periods and the amplitudes of oscillations within the series are variable. It was shown that the long-period variations may have predominantly of concentration origin when there is no relation between M and Angstrom exponent during long time intervals, or may be due to changes in the mean size of particles. Time intervals of duration up to a few months are revealed, which are characterized by high anti-correlation between M and χ values (module of the correlation coefficient > 0.7).