

АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 551.521.3, 535.361.1

О возможности прогноза аэрозольной оптической толщи атмосферы по данным измерений радиометра Cimel CE-318

В.В. Белов^{1,2}, В.Е. Белобородов³, Д.М. Кабанов¹, С.М. Огреб³,
К.Т. Пискунов³, С.М. Сакерин¹, М.В. Тарасенков^{1,2*}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1

²Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

³ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России»
394030, г. Воронеж, ул. Студенческая, 36

Поступила в редакцию 6.06.2011 г.

Рассмотрены результаты оценок возможности прогноза абсолютных значений аэрозольной оптической толщи атмосферы и диапазона ее изменений на основе измерений с помощью Sun-Sky-радиометра Cimel CE-318. Делается вывод о том, что прогноз ее абсолютных средних значений возможен не более чем на 1 сут, а диапазона изменений — до 7 сут.

Ключевые слова: измерения аэрозольной оптической толщи атмосферы, Sun-Sky-радиометр Cimel CE-318, прогноз; measurements of the aerosol optical thickness of the atmosphere, Cimel CE-318 Sun-Sky radiometer, forecast.

Введение

Возрастающее внимание специалистов в области физики атмосферы, климатологии, биологии к характеристикам атмосферного аэрозоля (в частности, к оптической толще) обусловлено его существенным влиянием на радиационный форсинг, на освещенность земной поверхности и его достаточно высокой вариабельностью во времени и пространстве. В связи с этим исследования процессов образования, трансформации, переноса аэрозоля в атмосфере осуществляются с применением различных инструментальных контактных и дистанционных средств, размещаемых на наземных станциях, пунктах (стационарных и подвижных) и на аэрокосмических носителях. Мониторинг атмосферного аэрозоля в глобальном масштабе и непрерывно во времени (точнее, квазинепрерывно) можно осуществлять на основе спутниковых наблюдений и наземных измерительных систем, объединенных в транснациональные и трансконтинентальные сети.

Одной из таких наземных сетей является сеть AERONET [1], основанная на использовании Sun-

Sky-радиометров Cimel CE-318. Этот прибор предназначен для измерений прямой и рассеянной солнечной радиации на нескольких длинах волн в диапазоне спектра 340–1020 нм. По результатам измерений рассчитываются аэрозольная оптическая толщина (АОТ), влажностное содержание атмосферы, параметры микроструктуры, альbedo однократного рассеяния и другие характеристики аэрозоля [1–3 и др.].

База данных системы AERONET (aeronet.gsfc.nasa.gov) состоит из трех уровней обработки измерений. Первый (Level 1) — содержит все проведенные оценки АОТ. На следующий, промежуточный, уровень (Level 1.5) попадают данные, прошедшие процедуру автоматической фильтрации влияния облачности. Окончательный уровень (Level 2) предоставляется пользователям после коррекции результатов с учетом повторной калибровки прибора (примерно через 1 год).

Однако при необходимости и проведении самостоятельной отбраковки данных для оценки текущих значений АОТ атмосферы можно использовать результаты предварительного уровня Level 1. Именно этот вариант данных радиометра CE-318 рассмотрен нами для оценки возможности краткосрочного прогноза среднесуточных значений АОТ атмосферы. Под термином «среднесуточный» здесь и далее будем понимать усредненное за дневное время значение АОТ атмосферы.

* Владимир Васильевич Белов (belov@iao.ru); Владимир Евгеньевич Белобородов; Дмитрий Михайлович Кабанов (dkab@iao.ru); Сергей Митрофанович Огреб; Константин Павлович Пискунов; Сергей Михайлович Сакерин (sms@iao.ru); Михаил Викторович Тарасенков (tmv@iao.ru).

Краткое описание Sun-Sky-радиометра CE-318 и режима измерений в условиях Сибири

Sun-Sky-радиометр CE-318 является основой глобальной сети аэрозольного мониторинга AERONET ([1]; <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>; www.cimel.fr). Радиометр CE-318 с системой наведения на Солнце предназначен для регулярных круглогодичных измерений в условиях реальной атмосферы. Измерение солнечной (Sun) и небесной (Sky) радиации осуществляется по программе контроллера. Прямая солнечная радиация измеряется на длинах волн 340, 380, 440, 500, 670, 870, 940, 1020 нм, при оптических массах m менее 7. Большую часть дня, по крайней мере в летнее время, интервал между измерениями составляет 15 мин [1]. Полученные данные используются для определения спектральных АОТ и влагосодержания атмосферы (канал 940 нм). Измерения рассеянной радиации или яркости неба проводятся на четырех длинах волн — 440, 670, 870 и 1020 нм при сканировании фотометра в альмукантарате Солнца (по азимуту) и в плоскости солнечного вертикала (по зенитному углу).

Радиометр CE-318 состоит из оптической (измерительной) головки, «робота», электронного блока управления и источника питания. Оптическая головка имеет двухканальную систему: безлинзовый коллиматор для измерения прямого излучения и небесный линзовый коллиматор. Оба коллиматора имеют одинаковый угол поля зрения — $1,2^\circ$. Робот с помощью шаговых двигателей осуществляет сканирование фотометра в зенитной и азимутальной плоскостях. Наведение фотометра на Солнце выполняется сначала программно (по рассчитанным координатам Солнца), а затем (более точно) подстраивается по сигналам четырехсекторного квадрантного фотодетектора. Электронный блок, состоящий из двух микропроцессоров, управляет автоматической работой прибора: сканированием фотометра, оцифровкой, сохранением измеренных сигналов и т.д.

По состоянию на 2010 г. измерения с использованием радиометра CE-318 ведутся в восьми районах России: два в европейской части (Москва и пос. Шихово вблизи Звенигорода), один на Урале (пос. Коуровка вблизи Екатеринбурга) и пять в азиатской части (Томск, пос. Торы юго-западнее Байкала, пос. Октем вблизи Якутска, пос. Горнотаежное вблизи Уссурийска и пос. Полярка вблизи Тикси).

Программно заданный режим измерений радиометра CE-318, безусловно, важен для автоматизированного мониторинга, но наличие облачности приводит к отрицательным последствиям. Во-первых, часть данных искажается облачностью и необходимо применение процедур исключения ложных замеров — «cloud screening» [4]. Во-вторых, жестко заданный режим работы приводит к потере части данных или прерыванию рядов наблюдений, так как время некоторых замеров совпадает с перекрытием поля зрения облачностью.

Впрочем, независимо от режима работы облачность является основным фактором, препятствующим

измерениям солнечных фотометров. Анализ статистики измерений АОТ радиометром CE-318 в условиях Томска (2002–2010 гг.) показал, что в процессе отбраковки данных на уровнях Level 1, 1.5 и 2 остается соответственно 77, 66 и 52% дней измерений от общего периода наблюдений. Количество «измерительных» дней летом составляет около 20 в месяц. Из-за малой продолжительности светового дня и повышенной облачности самые редкие измерения выполняются в декабре — один день из десяти. Пропуски в измерениях из-за облачности, как правило, кратковременны — в ~70% случаев их продолжительность равна 1–2 дням. Средняя продолжительность непрерывных (по дням) измерений в летний период составляет 9,5 дня, а зимой 4 дня.

Прерывание рядов наблюдений из-за облачности, в принципе, может приводить к искажению статистических характеристик АОТ атмосферы. Поэтому был проведен соответствующий анализ [5], который показал, что «облачные прерывания» не оказывают существенного влияния на статистические характеристики аэрозольного ослабления.

Вариабельность среднесуточных значений АОТ по данным Sun-Sky-радиометра CE-318

Рассмотрим среднесуточные значения АОТ как некоторый случайный процесс, длящийся в течение года, из которого исключены облачные дни, ограничивающие получение информации. Образум из него ряды разностей аэрозольных оптических толщин $\Delta\tau_{i,i+j}$ в различные моменты времени i и $i+j$ ($i < j$, где i — день измерений; j — интервал измерений в днях). Сделаем предположение, что, начиная с некоторого j , значение $\Delta\tau_{i,i+j}$ является случайной величиной. Это предположение можно обосновать тем, что во времени меняются количество, расположение и интенсивность источников аэрозоля, а также направление и скорость ветра, зависящие от высоты над земной поверхностью. В то же время если измерения происходят через короткие промежутки времени, то изменения АОТ атмосферы, очевидно, происходят не столь значительно и непредсказуемо.

Для оценки изменчивости аэрозольной составляющей атмосферы через каждые j сут нами выполнены расчеты значений $\Delta\tau_j = \tau_i - \tau_{i+j}$, средних значений и выборочных среднеквадратических отклонений $\sigma(\Delta\tau_j)$ этой величины в годовом цикле измерений (2008 г.) для перечисленного выше набора длин волн в пяти районах России (Екатеринбург, Звенигород, Уссурийск, Якутск, Томск). Начало ежегодных измерений в различных пунктах не всегда совпадает с 1 января, что обусловлено низким положением Солнца и калибровками приборов в зимний период.

Типичные примеры результатов этих расчетов приведены на рис. 1, где по оси абсцисс отложено количество дней измерений, относительно которых рассчитывалась разность АОТ атмосферы через j сут.

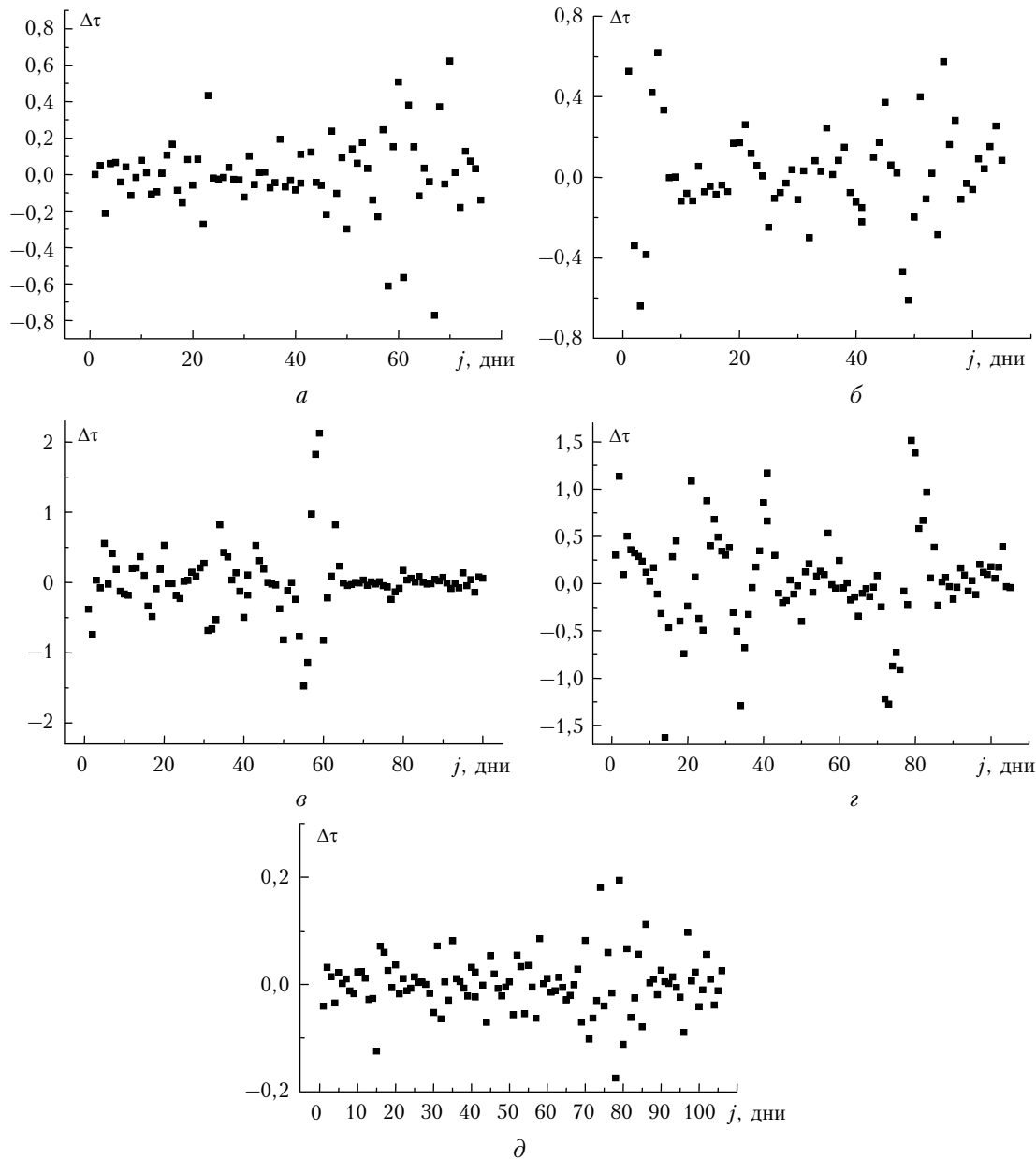


Рис. 1. Разность АОТ атмосферы $\Delta\tau$ при интервале сравнения $j = 1$, $\lambda = 340$ нм, в районе Томска (а), Екатеринбурга (б), Якутска (в), Уссурийска (г), Звенигорода для $\lambda = 1020$ нм (д)

Обратим внимание на то, что отклонения наблюдаются как с положительным, так и с отрицательным знаком. Общий характер этих зависимостей для фиксированного региона слабо зависит (за исключением абсолютных значений $\Delta\tau$) от длины волны излучения, поэтому ограничимся иллюстрациями для одной длины волны для каждого региона.

Из результатов этих расчетов следует, что характер отклонений АОТ атмосферы в течение цикла измерений в основном зависит от места расположения прибора, интервала между измерениями и времени года. Наиболее благоприятными для прогноза, очевидно, будут ситуации, когда эти отклонения меняются незначительно на протяжении достаточно длительного интервала времени (см., например, рис. 1, в).

Исходя из общих соображений, можно предположить, что с увеличением интервала времени между последовательными измерениями (даже если не учитывать возможности экранирования Солнца плотными облачными образованиями) неопределенность в прогнозе значений $\Delta\tau_{i,i+j}$ возрастает. Этот результат для случайных событий можно характеризовать с помощью среднеквадратического отклонения

$$\sigma(j) = \left(\left| M[\Delta\tau_{i,i+j}^2] - M[\Delta\tau_{i,i+j}]^2 \right| n / (n-1) \right)^{1/2},$$

где $M[\Delta\tau_{i,i+j}]$ – выборочное среднее значение по всему циклу наблюдений $\Delta\tau_j$ при фиксированном интервале j .

На рис. 2–6 представлены результаты расчетов (символы) и аппроксимаций (линии) среднеквадратических отклонений $\sigma(j)$ и средних значений вариаций $\Delta\tau_j = \Delta\tau_{i,i+j}$ для различных длин волн и районов, где проводились измерения.

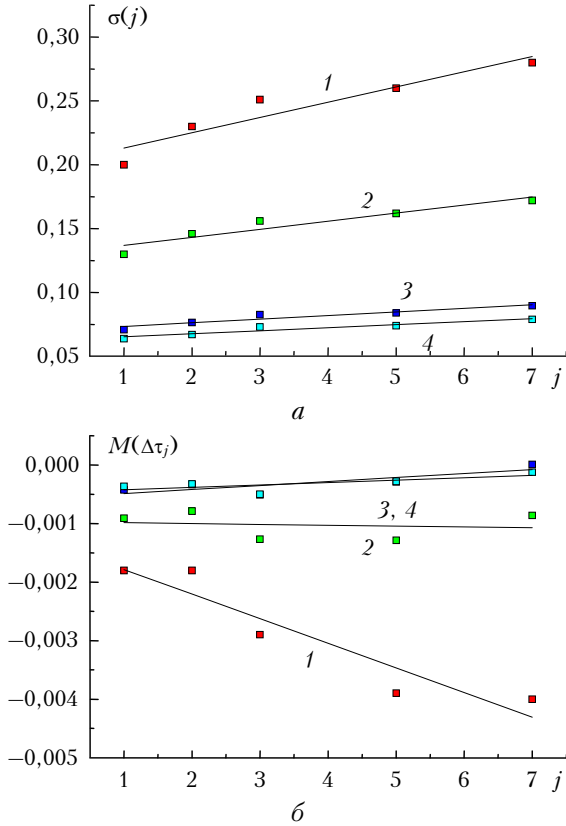


Рис. 2. Среднеквадратические отклонения (а) и средние значения $\Delta\tau_j$ (б): кривая 1 – $\lambda = 340$; 2 – 500; 3 – 870; 4 – 1020 нм (Томск)

Анализ зависимостей $\sigma(j)$ и $M[\Delta\tau_{i,i+j}]$ приводит к следующим выводам. Действительно, с ростом j неопределенность значений $M[\Delta\tau_j] = M[\Delta\tau_{i,i+j}]$ возрастает (увеличиваются значения $\sigma(j)$). Эта тенденция усиливается с уменьшением длины волны (см., например, рис. 2, а–б, а). В то же время эти зависимости имеют различия в деталях, если принимать во внимание географическое положение приборов. Так, например, если для Томского региона значения в основном $M[\Delta\tau_j] \leq 0$, то для других регионов, как правило, $M[\Delta\tau_j] \geq 0$ (ср., например, рис. 2, б и рис. 3, б–б, б). Достаточно простой вид этих зависимостей позволяет их аппроксимировать следующими функциями:

$$\sigma(j) = Aj + B; \quad (1)$$

$$M[\Delta\tau_j] = Cj + D; \quad (2)$$

$$\sigma(j) = A_1 + B_1(j-1)^N; \quad (3)$$

$$M[\Delta\tau_j] = C_1 + D_1(j-1)^N. \quad (4)$$

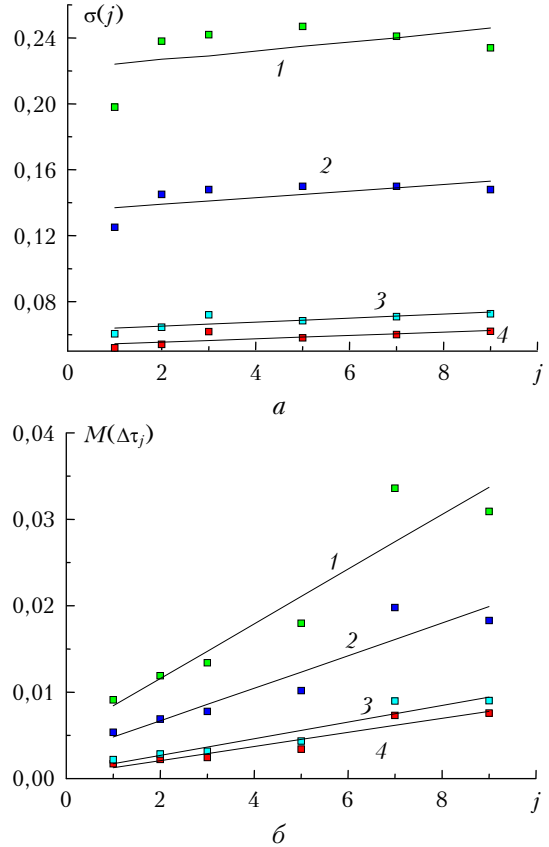


Рис. 3. То же, что на рис. 2 (Екатеринбург)

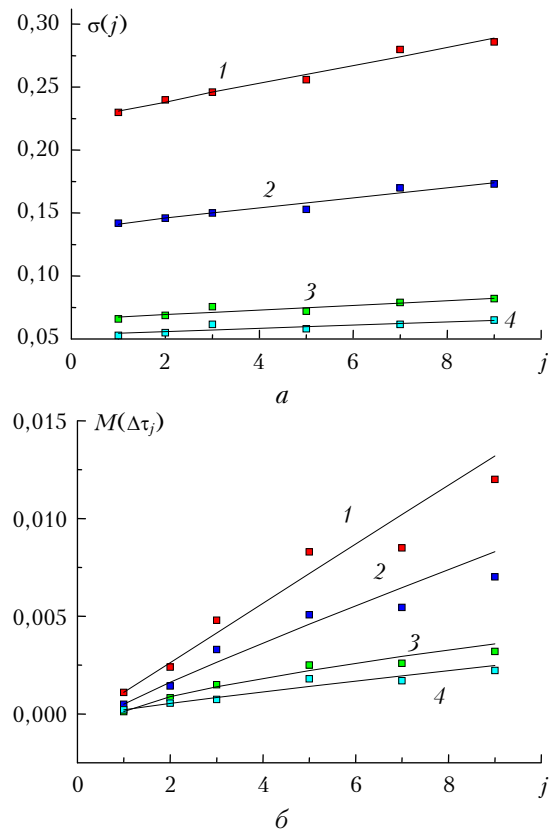


Рис. 4. То же, что на рис. 2 (Звенигород)

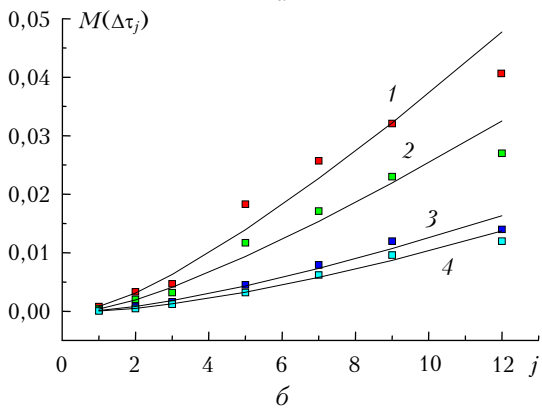
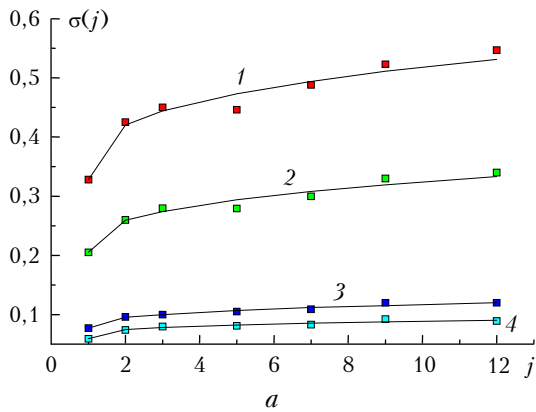


Рис. 5. То же, что на рис. 2 (Якутск)

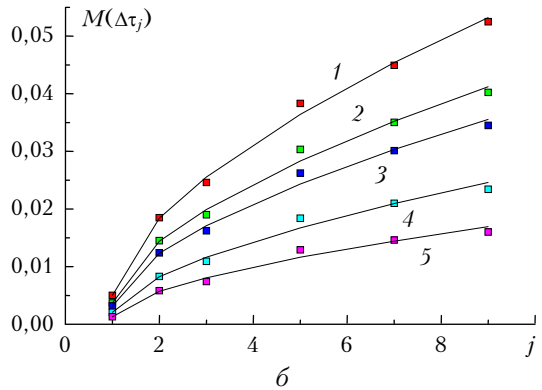
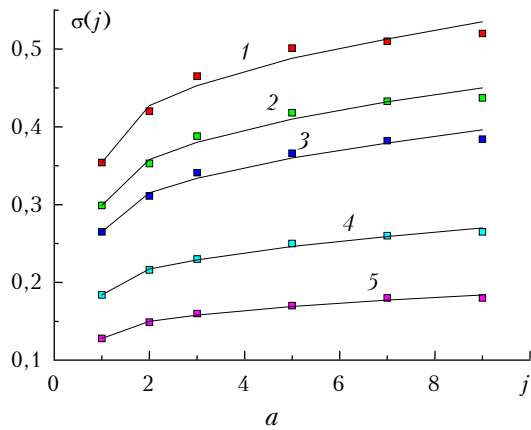


Рис. 6. Среднеквадратические отклонения (а) и средние значения $\Delta\tau_j$: кривая 1 – $\lambda = 340$; 2 – 440; 3 – 500; 4 – 675; 5 – 870 нм (Уссурийск)

Для определения среднеквадратических отклонений $\Delta\tau_j$, рассчитанных по данным приборов, размещенных в районах Томска, Екатеринбурга и Звенигорода, можно использовать выражение (1), в районе Уссурийска и Якутска – выражение (3). Для оценки средних значений вариаций $\Delta\tau_j$ в Томске и в Екатеринбурге предлагается формула (2), для Звенигорода, Уссурийска и Якутска – формула (4). Значения констант аппроксимации приведены в табл. 1–8.

Таблица 1

Константы аппроксимаций $\sigma(j)$ и $M[\Delta\tau_j]$, Томск

Длина волны, нм	A	B	C	D
340	1,196E-02	2,012E-01	1,196E-02	2,012E-01
500	6,310E-03	1,305E-01	6,310E-03	1,305E-01
870	2,840E-03	7,052E-02	2,840E-03	7,052E-02
1020	2,366E-03	6,288E-02	2,366E-03	6,288E-02

Примечание. Максимальные погрешности аппроксимаций для $\sigma(j)$ не превышают 0,02 и 4,3E-04 для $M[\Delta\tau_j]$.

Таблица 2

Константы аппроксимаций $\sigma(j)$ и $M[\Delta\tau_j]$, Екатеринбург

Длина волны, нм	A	B	C	B
340	1,017E-03	5,339E-02	8,173E-04	4,490E-04
500	2,695E-03	2,212E-01	3,163E-03	5,255E-03
870	1,979E-03	1,354E-01	1,878E-03	2,943E-03
1020	1,211E-03	6,269E-02	9,621E-04	7,739E-04

Примечание. Максимальные погрешности аппроксимаций для $\sigma(j)$ не превышают 0,02 и 6,2E-03 для $M[\Delta\tau_j]$.

Таблица 3

Константы аппроксимаций $\sigma(j)$, Звенигород

Длина волны, нм	A	B
340	7,179E-03	2,240E-01
500	1,834E-03	6,558E-02
870	4,063E-03	1,374E-01
1020	1,279E-03	5,323E-02

Таблица 4

Константы аппроксимаций $M[\Delta\tau_j]$, Звенигород

Длина волны, нм	C ₁	D ₁	N
340	1,100E-03	1,523E-03	9,978E-01
500	1,170E-04	7,712E-04	7,240E-01
870	4,960E-04	1,127E-03	9,312E-01
1020	2,070E-04	3,373E-04	9,170E-01

Примечание. Максимальные погрешности аппроксимаций для $\sigma(j)$ не превышают 0,05 и 1,7E-03 для $M[\Delta\tau_j]$.

Полученные результаты расчетов $\sigma(j)$ и $M[\Delta\tau_j]$ и их аппроксимаций позволяют сделать следующие предварительные выводы. Средние значения вариаций АОТ атмосферы зависят не только от интервала

Таблица 5

Константы аппроксимаций $\sigma(j)$, Уссурийск

Длина волны, нм	A_1	B_1	N
340	3,540E-01	0,073318	4,331E-01
440	2,990E-01	0,059113	4,511E-01
500	2,650E-01	0,050216	4,595E-01
675	1,840E-01	0,033001	4,582E-01
870	1,280E-01	0,022133	4,479E-01

Таблица 6

Константы аппроксимаций $M[\Delta\tau_j]$, Уссурийск

Длина волны, нм	C_1	D_1	N
340	5,020E-03	0,013329	6,179E-01
440	3,690E-03	0,010663	6,046E-01
500	3,150E-03	0,009115	6,084E-01
675	2,060E-03	0,006166	6,232E-01
870	1,300E-03	0,004412	6,083E-01

Примечание. Максимальные погрешности аппроксимаций для $\sigma(j)$ не превышают 0,014 и 1,9E-03 для $M[\Delta\tau_j]$.

Таблица 7

Константы аппроксимаций $\sigma(j)$, Якутск

Длина волны, нм	A_1	B_1	N
340	3,280E-01	0,092137	3,290E-01
500	2,050E-01	0,05372	3,610E-01
870	7,700E-02	0,018208	3,580E-01
1020	5,900E-02	0,01558	2,927E-01

Таблица 8

Константы аппроксимаций $M[\Delta\tau_j]$, Якутск

№ графика	C_1	B_1	N
1	8,040E-04	0,002286	1,260E+00
2	3,700E-04	0,001543	1,266E+00
3	1,300E-04	0,000658	1,334E+00
4	4,300E-05	0,000441	1,430E+00

Примечание. Максимальные погрешности аппроксимаций для $\sigma(j)$ не превышают 0,027 и 7,0E-03 для $M[\Delta\tau_j]$.

j между сравниваемыми измерениями, но и от региона, в котором они проводятся. Несмотря на то что найдены аппроксимации $\sigma(j)$ и $M[\Delta\tau_j]$ для каждого из рассмотренных мест расположения приборов, нельзя утверждать, что они могут быть использованы для прогноза значений АОТ атмосферы в момент $i + j$, если измерения осуществлены в момент времени i . Причиной этому являются как минимум два фактора, которые нами в данной работе не рассматривались. Они связаны с тем, что не рассмотрен вопрос о влиянии экранирования облачностью Солнца на статистические характеристики АОТ атмосферы и не выяснена их годовая изменчивость.

Кроме того, нам представляется важным при построении региональных прогностических моделей АОТ атмосферы включать в них такие параметры,

как прогноз метеорологического состояния атмосферы. В этом несложно убедиться, если представить себе, что в какой то момент времени (при стабильных источниках поступления аэрозоля в атмосферу) изменилось направление ветра на противоположное. Тогда, возможно, над точкой расположения прибора в обратном направлении пройдет аэрозольное поле с характеристиками, близкими к тем, которые были перед сменой направления ветра. Это может привести к немономонному виду зависимостей $\sigma(j)$, как на рис. 7.

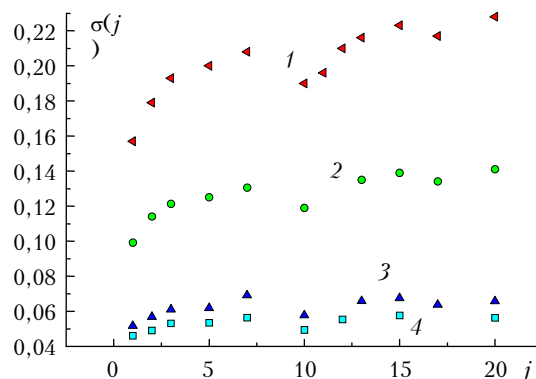


Рис. 7. Среднеквадратические отклонения измерений $\Delta\tau_j$: кривая 1 - $\lambda = 340$; 2 - 500; 3 - 870; 4 - 1020 нм (Томск, 2009 г.)

Обратим внимание на то, что значения $M(\Delta\tau_j)$ для Томска в основном отрицательны, в то время как в других центрах измерений они положительны. Возможно, это обусловлено и местоположением пунктов наблюдений (различием режима циркуляции атмосферы, источников аэрозоля и т.д.), и свойствами конкретных выборок данных для каждого пункта. В любом случае при анализе этого результата следует иметь в виду следующее.

а) Диапазон величин $M(\Delta\tau_j)$ в Томске для разных длин волн составляет $0 \dots -0,004$, что значительно ниже погрешности измерения АОТ ($\sim 0,01-0,02$). Таким образом, учитывая погрешность измерения, можно считать, что в Томске величины $M(\Delta\tau_j)$ имеют нулевые значения.

б) Если рассмотреть коэффициент вариаций $[V = \sigma/M]$, то для всех пунктов его значение будет равно ~ 10 , т.е. вариабельность $M(\Delta\tau_j)$ составляет 1000%. Следовательно, региональные различия $M(\Delta\tau_j)$ статистически не значимы. Видимо, это относится также и к спектральным различиям.

Оценки автокорреляционных связей АОТ атмосферы

Для оценки возможностей прогноза дополнительно был рассмотрен вопрос об автокорреляционных связях во временных рядах АОТ атмосферы. Соответствующий анализ проведен на примере результатов измерений в Томске (Level 2) для наиболее представительных (по количеству данных) периодов измерений в 2003, 2004, 2006 и 2009 гг.

По среднедневным значениям АОТ на длине волны 500 нм были рассчитаны частные автокорреляционные функции для четырех лет измерений. Расчет именно частных автокорреляционных функций K выбран из тех соображений, что в них исключены опосредованные взаимосвязи между различными интервалами времени j . Анализ полученных коррелограмм (рис. 8) показал, что достаточно тесная взаимосвязь наблюдается только для $j = 1$ продолжительностью 1 день.

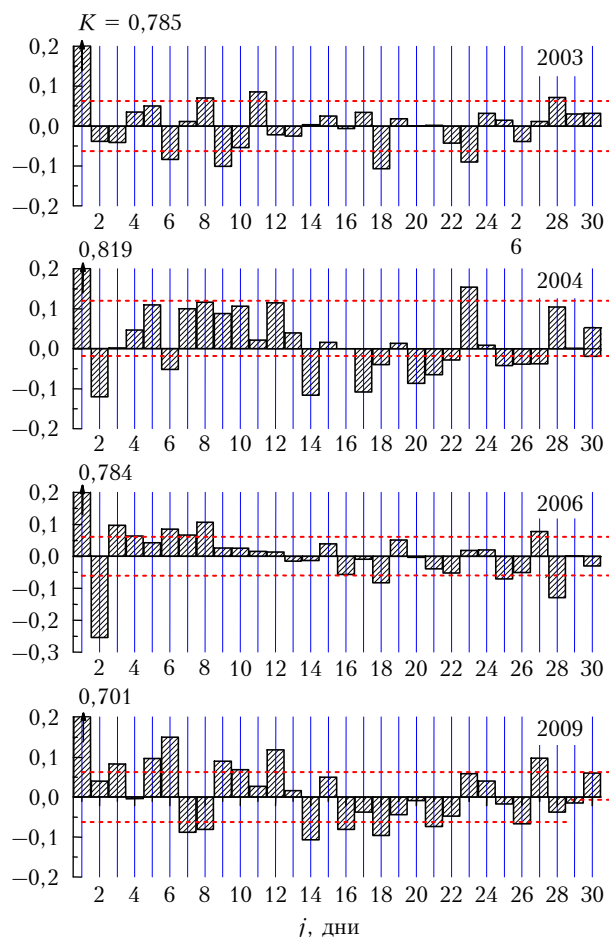


Рис. 8. Частная автокорреляция временных рядов $a_{\tau_{500}}$ в отдельные годы (пунктиром показан уровень значимой корреляции с доверительной вероятностью 0,95)

Значения частной автокорреляции в этом случае составляют для разных годов от 0,701 до 0,819. Величина автокорреляции для остальных интервалов времени либо сопоставима с уровнем значимой корреляции (по уровню 0,05), либо ниже этого уровня.

Обратим внимание, что для лага, равного 2 (для значений АОТ, измеренных через день), величина частной автокорреляции либо имеет значимое отри-

цательное значение (2004 и 2006 гг.), либо становится ниже уровня значимости. Следовательно, уже через день АОТ либо меняется независимым образом, либо наблюдается слабовыраженное противоположное изменение: низкие значения АОТ меняются на более высокие и наоборот.

Таким образом, использование измеренных значений АОТ атмосферы в прогностических целях оказывается ограниченным одним днем, если иметь в виду ее абсолютные значения. Увеличение времени прогноза требует привлечения дополнительной информации о смене синоптических условий (воздушные массы, барические образования), а также об интенсивности генерации местных и региональных источников аэрозоля (например, дымы лесных пожаров, промышленные выносы и т.д.). В то же время, если говорить об ожидаемом диапазоне изменчивости АОТ, этот период прогноза может быть значительно шире и достигать, с нашей точки зрения, 7 дней.

Авторы благодарят руководителя AERONET Brent Holben за возможность использования данных измерений радиометров CE-318, а также инженера ИОА СО РАН В.П. Протасову за помощь в оформлении рукописи статьи.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного контракта № 02.740.11.0674, гранта Рособнаучки РФ АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проекта № 2.1.1/13333, задания Рособразования на проведение научных исследований в ТГУ № 1.18.09 и грантов РФФИ № 11-01-00673-а и 11-01-00228-а.

1. Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., Tanre D., Buis J.P., Setzer A., Vermote E., Reagan J.A., Kaufman Y.J., Nakajima T., Lavenu F., Jankowiak I., Smirnov A. AERONET – A federated instrument network and data archive for aerosol characterization // Remote Sens. Environ. 1998. V. 66, N 1. P. 1–16.
2. Dubovik O.T., King M. A flexible inversion algorithm for retrieval aerosol optical properties from Sun and sky radiance measurements // J. Geophys. Res. D. 2000. V. 105, N 16. P. 20673–20696.
3. Dubovik O., Smirnov A., Holben B., King M., Kaufman Y., Eck T., Slutsker I. Accuracy assessments of aerosol optical properties retrieved from Aerosol Robotic Network (AERONET) Sun and sky radiance measurements // J. Geophys. Res. D. 2000. V. 105, N 8. P. 9791–9806.
4. Smirnov A., Holben B., Eck T.F., Dubovik O., Slutsker I. Cloud screening and quality control algorithms for the AERONET data base // Remote Sens. Environ. 2000. V. 73. P. 337–349.
5. Кабанов Д.М., Пхалагов Ю.А., Сакерин С.М., Ужegov В.Н. Оценка влияния прерывистости рядов наблюдений спектральной прозрачности атмосферы на рассчитываемые статистические характеристики // Материалы XVII Междунар. симпоз. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». Томск: Изд-во СО РАН, 2011. В печати.

V.V. Belov, V.E. Beloborodov, D.M. Kabanov, S.M. Ogreb, K.T. Piskunov, S.M. Sakerin, M.V. Tarasenkova. On a possibility of forecasting the aerosol optical thickness of the atmosphere based on the measurements of a Cimel CE-318 radiometer.

In the present work, the possibility of forecasting absolute values of the aerosol optical thickness (AOT) of the atmosphere and range of its variations based on measurements of a Cimel CE-318 Sun-Sky radiometer is considered. It is concluded that the term of forecast of absolute average AOT values does not exceed one day, whereas the maximum term of forecast of the range of AOT variations is seven days.