

В.Л. Миронов, В.Е. Павлов*, В.В. Пашнев

Аэрозольная оптическая толщина атмосферы в г. Барнауле

*Алтайский государственный университет,
Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

Поступила в редакцию 2.02.2001 г.

Анализируются результаты измерений вертикальных аэрозольных оптических толщ атмосферы (АОТ) в г. Барнауле на солнечном фотометре NASA. Показано, что повторяемость значений АОТ следует не нормальному, а нормально-логарифмическому закону. Найдены средние и вероятные значения толщ и их дисперсии. Исследованы спектральные зависимости АОТ, свидетельствующие о широких распределениях «городских» частиц по размерам.

В Алтайском государственном университете совместно с Институтом водных и экологических проблем СО РАН с марта 1999 по март 2000 г. проводились измерения оптических характеристик атмосферы на солнечном фотометре CE318 (NASA) в мониторин-

говом режиме. С его помощью в г. Барнауле собран обширный экспериментальный материал, охватывающий более 2000 серий измерений оптических толщ, общего содержания озона и водяного пара в атмосфере, яркости неба в альмукантарате и вертикали Солнца.

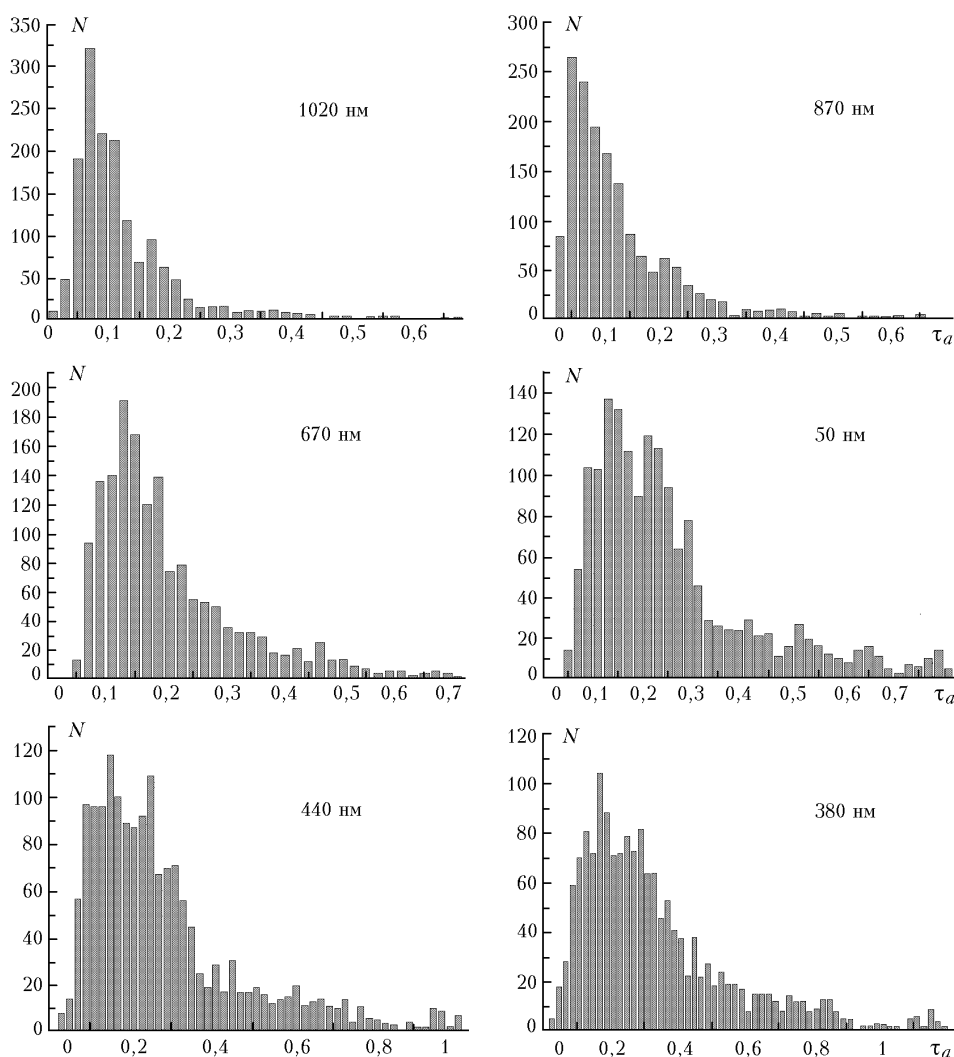


Рис. 1. Гистограммы повторяемости АОТ

В настоящей статье приводятся результаты обработки спектральной зависимости аэрозольной оптической толщи (АОТ) $\tau_a(\lambda)$ по наблюдениям в семи длинах волн – 340, 380, 440, 500, 670, 870 и 1020 нм. Абсолютная погрешность измерений АОТ равна 0,01. В окончательные результаты не вошли данные, полученные в дни с разрывной облачностью.

На рис. 1 представлены гистограммы повторяемости значений $\tau_a(\lambda)$ в шести спектральных участках для всего периода наблюдений. Отчетливо видно, что распределения асимметричны относительно их максимумов с более пологим спадом в сторону повышения замутненности атмосферы. Вид распределений носит явно не нормальный, а скорее логнормальный характер. Это подтверждается рис. 2, на котором повторяемость значений АОТ представлена в функции $\ln \tau_a$.

В этом случае средние значения $\bar{\tau}_a(\lambda)$ будут отличаться от вероятных $\tilde{\tau}_a(\lambda)$. Обе величины, $\ln \tilde{\tau}_a(\lambda)$ и соответствующие дисперсии $\tilde{\sigma}$ для $\ln \tau_a(\lambda)$, представ-

лены в таблице. Это обстоятельство, безусловно, следует принимать во внимание при построении оптических моделей атмосферы в промышленных центрах.

Значения $\bar{\tau}_a(\lambda)$, $\tilde{\tau}_a(\lambda)$, $\ln \tilde{\tau}_a(\lambda)$ и дисперсии $\tilde{\sigma}$

λ , нм	1020	870	670	500	440	380	340
$\bar{\tau}_a$	0,131	0,136	0,208	0,259	0,290	0,339	0,372
$\tilde{\tau}_a$	0,105	0,107	0,178	0,216	0,230	0,272	0,293
$\ln \tilde{\tau}_a$	-2,254	-2,235	-1,726	-1,532	-1,470	-1,302	-1,228
$\tilde{\sigma}$	-0,541	-0,706	-0,557	-0,612	-0,676	-0,689	-0,746

Обычно в публикациях, где обобщаются данные измерений АОТ для какого-либо региона, приводятся только средние величины $\bar{\tau}_a(\lambda)$ [1]. Скорее всего, это связано с ограниченностью наблюдательного материала либо со спецификой его селекции, например, по признакам «устойчивости» оптических свойств атмосферы [2–4] в течение половины дня от восхода Солнца до его кульминации – явления, нередко отмечае-

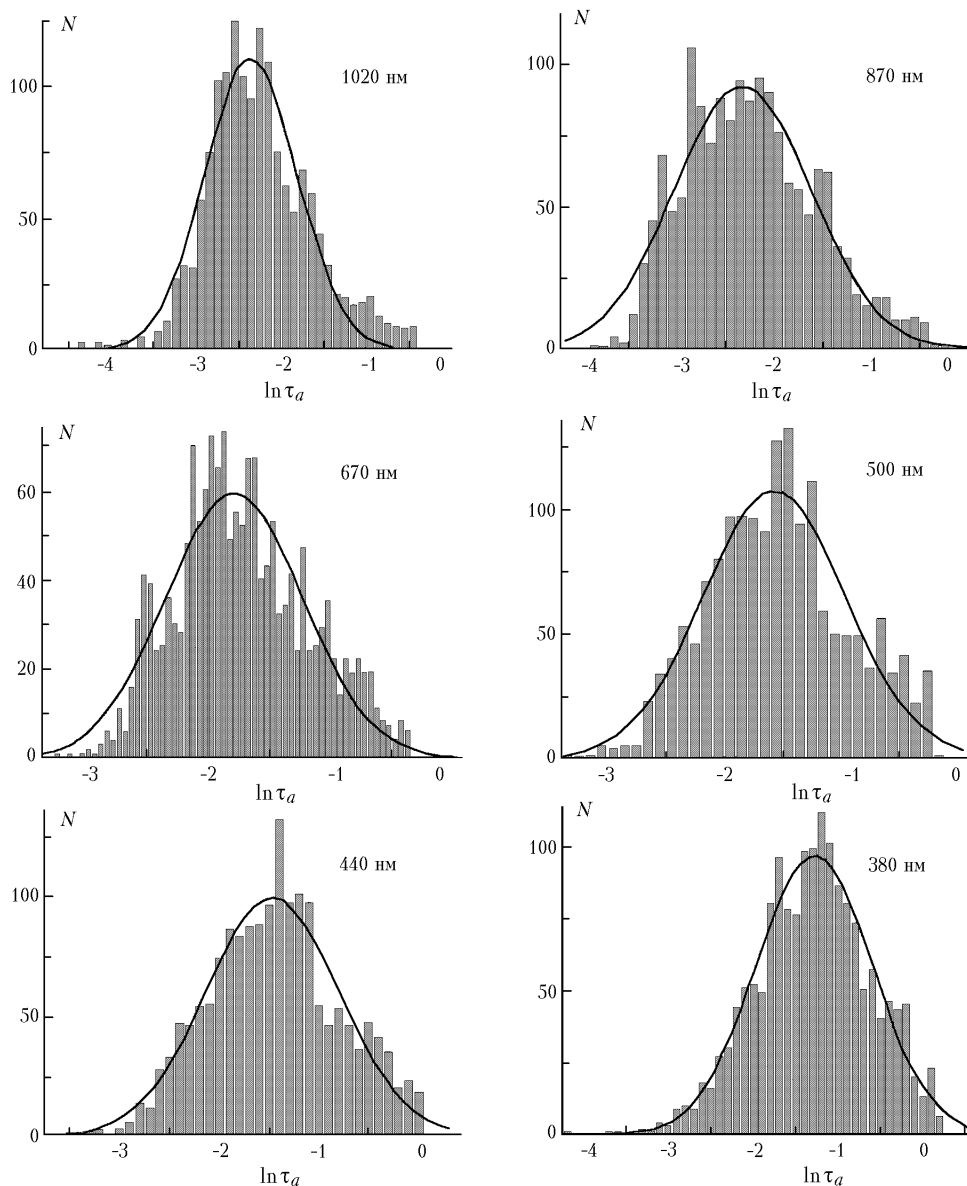


Рис. 2. Гистограммы повторяемости натуральных логарифмов АОТ

мого в малозамутненных условиях степи или высокогорья, но совершенно не характерного для атмосферы городов.

Из таблицы следует, что величины $\bar{\tau}_a(\lambda)$ и $\tilde{\tau}_a(\lambda)$ монотонно убывают с увеличением длины волны. В литературе эта зависимость часто представляется известной формулой Ангрестра

$$\lg \tau_a(\lambda) = \lg A - n \lg \lambda, \quad (1)$$

где A – коэффициент мутности.

Как показал анализ наблюдательного материала, зависимость выполняется в 60% случаев с точностью не менее 15%. Для средних $\bar{\tau}_a(\lambda)$ и наиболее вероятных $\tilde{\tau}_a(\lambda)$ величин выполнимость этого соотношения иллюстрируется на рис. 3.

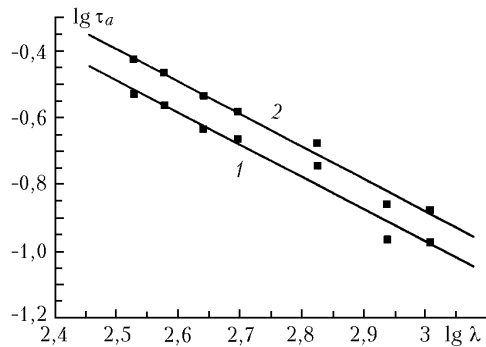


Рис. 3. Выполнимость формулы Ангрестра для $\bar{\tau}_a$ (2), $\tilde{\tau}_a$ (1)

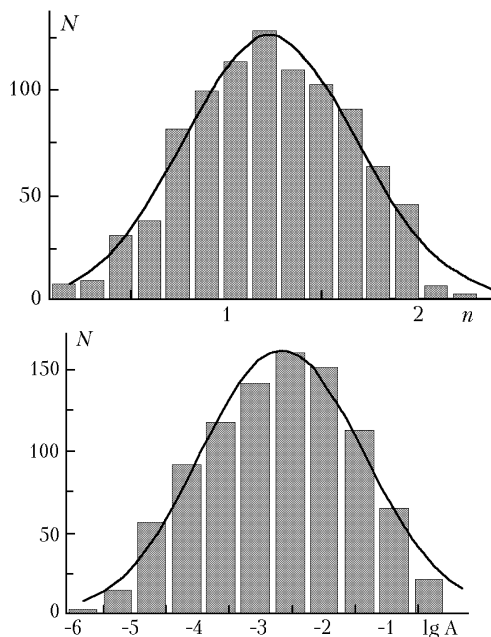


Рис. 4. Гистограммы повторяемости величин n и $\lg A$ в формуле Ангрестра для «городских» частиц

На рис. 4 приведены гистограммы повторяемости величин n и $\lg A$. Общее число значений N равно 926.

V.L. Mironov, V.E. Pavlov, V.V. Pashnev. Aerosol optical thickness of the atmosphere in Barnaul city.

The results of measurements of vertical aerosol optical thickness of the atmosphere in Barnaul by sun photometer NASA are analyzed. It is shown that the frequency of the AOT values is in agreement with normal-logarithmic law (and not with normal law). The average and probable AOT values and their dispersion are obtained. Spectral AOT profiles show the wide spread of the town particle scales.

Видно, что распределение параметра n носит нормальный, а A – логнормальный характер.

В остальных 40% случаев, когда соотношение Ангрестра не выполняется, зависимость АОТ от длины волны, как правило, не носит систематического характера. Случаи колоколообразных зависимостей $\tau_a(\lambda)$ крайне редки.

Вариации параметра n охватывают интервал от 0,13 до 2,2 при среднем значении $\bar{n} = 1,3$, что типично для сильно замутненной атмосферы. Обычно гладкие спектральные зависимости $\tau_a(\lambda)$ без экстремумов свидетельствуют о широких распределениях частиц по размерам в атмосфере. Если исходить из предположения о простейшем виде распределения [5]:

$$\frac{dM}{d \lg r} = cr^{-v}, \quad (2)$$

где r – радиус частиц; M – их число, то при слабом и неселективном поглощении света параметры n и v связаны соотношением [6]:

$$v = n + 2. \quad (3)$$

Тогда среднее значение \bar{v} оказывается равным 3,3, т.е. спектр частиц близок к так называемому юнговскому распределению с $v = 3$ [5]. Для решения обратной задачи по восстановлению реального вида функции распределения частиц по размерам из данных наблюдений спектральной прозрачности атмосферы [7, 8] первоначально следует оценить роль поглощения в общем ослаблении света аэрозолем. Такая оценка может быть выполнена по результатам яркости дневного неба, что и предполагается в ближайшее время.

1. Смеркалов В.А. Прикладная оптика атмосферы. С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1997. 334 с.
2. Лившиц Г.Ш. Рассеяние света в атмосфере. Ч. 1. Алма-Ата: Наука, 1965. 177 с.
3. Иванов А.И., Лившиц Г.Ш., Павлов В.Е., Ташенов Б.Ф., Тейфель А.Я. Рассеяние света в атмосфере. Ч. 2. Алма-Ата: Наука, 1968. 115 с.
4. Пясковская-Фесенкова Е.В. Исследование рассеяния света в земной атмосфере. М.: Изд. АН СССР, 1957. 217 с.
5. Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы. М.: Мир, 1965. 424 с.
6. Зуев В.Е., Креков Г.М. Оптические модели атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 256 с.
7. Сакерин С.М., Рахимов Р.Ф., Макиенко Э.В., Кабанов Д.М. Интерпретация аномальной спектральной зависимости аэрозольной оптической толщи атмосферы. Часть 1. Формальный анализ ситуации // Оптика атмосф. и океана. 2000. Т. 13. № 9. С. 813–818.
8. Рахимов Р.Ф., Сакерин С.М., Макиенко Э.В., Кабанов Д.М. Интерпретация аномальной спектральной зависимости аэрозольной оптической толщи атмосферы. Часть 2. Особенности дисперсной структуры аэрозоля // Оптика атмосф. и океана. 2000. Т. 13. № 9. С. 819–825.