

**В.В. Зуев, С.И. Долгий, А.В. Ельников, В.Н. Маричев**

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СТРАТОСФЕРНОГО ОЗОНА**

Представлены результаты предварительного анализа вертикального распределения озона в период «фонового» содержания стратосферного аэрозоля (1995 – 1997 гг.). Показано, что максимум концентрации озона на среднем профиле приходится на высоту 18 км. Изменчивость ансамбля не имеет явно выраженного максимума в представленном высотном интервале, монотонно спадает с высот 15 – 16 км до высоты  $\approx 22,5$  км, а выше остается практически такой же.

Актуальность лидарных исследований стратосферного озона обусловлена как самой проблемой атмосферного озона в целом, так и отсутствием какой-либо систематической информации о его вертикальном распределении и динамике над обширной территорией Сибири и Дальнего Востока. Лидарное зондирование стратосферного озона над Западной Сибирью было начато в 1989 г. [1] и продолжается по настоящее время. Однако наиболее мощное в этом столетии извержение вулкана Пинатубо летом 1991 г. оказало значительное воздействие на стратосферу в целом и озоносферу в частности. В динамике и поведении стратосферного озона прослеживалось влияние вулканогенного аэрозоля, и поэтому корректность совокупного анализа всех имеющихся лидарных профилей озона вызывает сомнения.

В данной работе представлены результаты предварительного анализа вертикального распределения стратосферного озона в период после извержения Пинатубо, когда стратосфера по аэрозольному наполнению вернулась к «фоновым» условиям. Анализ основан на данных лидарного зондирования, проводимого на Сибирской лидарной станции в г. Томске в период с лета 1995 по лето 1997 г. Для анализа использовалось 94 независимых профиля, каждый из которых представлял усредненный вертикальный профиль озона, полученный в течение ночи в диапазоне высот 15–30 км. Погрешность измерения каждого профиля на высотах 25–30 км не превышала 7 %. Уменьшение погрешности достигалось за счет увеличения времени накопления лидарного сигнала и ухудшения разрешения по высоте до 0,7 км. Исходное разрешение по высоте составляло 0,1 км. Восстановление вертикального распределения озона осуществлялось с использованием методов сплайн-аппроксимации.

На рис. 1 показаны средний профиль вертикального распределения озона и его изменчивость (под изменчивостью понимается корень квадратный из дисперсии анализируемого ансамбля профилей). Максимум концентрации озона ( $N(H) = 4,5 \cdot 10^{+12} \text{ см}^{-3}$ ) на среднем профиле приходится на высоту 18 км. Изменчивость имеющегося ансамбля явно выраженного максимума в представленном высотном интервале не имеет. Начиная с 15–16 км, изменчивость монотонно спадает до высоты  $\approx 22,5$  км, а выше остается практически такой же.

Результаты применения статистического анализа к полученному массиву вертикальных профилей озона в виде первых трех собственных векторов его корреляционной матрицы [3] представлены на рис. 2. Для сравнения на этом же рисунке приведены собственные векторы ансамбля вертикальных профилей отношения рассеяния (отношение суммы молекулярного и аэрозольного коэффициентов обратного рассеяния к молекулярному), полученных также в Томске, но в период с 1987 по 1991 г. Вклад трех первых собственных векторов исследуемого ансамбля профилей озона ( $S_i$ ,  $i$  – номер вектора) составляет 82 % от общей изменчивости ( $S_1 = 45,4$  %,  $S_2 = 27,6$  %,  $S_3 = 9,0$  %), аэрозоля – 82,5 % ( $S_1 = 49,5$  %,  $S_2 = 20,5$  %,  $S_3 = 12,5$  %). Как для озона, так и аэрозоля значения  $S_1$  во всем представленном высотном диапазоне положительны, следовательно, увеличение концентрации озона в нижней части вертикального профиля (15 км) означает, что по всему профилю  $N(H)$  имеет место практически такое же увеличение. Изменения по высоте второго и третьего векторов не столь однозначны. Для  $S_2$ , на-

пример, увеличение  $N(H)$  на высоте 17,5 км означает практически такое уменьшение  $N(H)$  на высоте 27,5. Высотная взаимосвязь третьего вектора еще более сложная.



Рис. 1. Средний профиль вертикального распределения озона и его изменчивость в стратосфере над Томском, где  $N(H) = n \cdot 10^{12} / \text{см}^3$

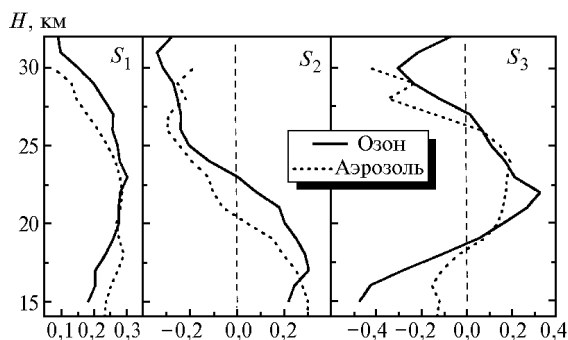


Рис. 2. Собственные векторы матриц вертикальных профилей озона и аэрозоля в стратосфере

В общем вертикальные ходы представленных векторов подобны. Наибольшее подобие наблюдается для первых двух векторов при смещении аэрозольных векторов на 2,5 км выше. Это смещение соответствует разнице в высотах локализации озона и аэрозоля.

Подобие собственных векторов независимых ансамблей, отражающих поведение невзаимодействующих стратосферных компонентов озона и аэрозоля, свидетельствует, вероятнее всего, о едином механизме их изменчивости. В качестве такого механизма могут выступать механизмы, обусловленные общей стратосферной циркуляцией.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 96-05-64282).

1. Ельников А.В., Зуев В.В., Маричев В.Н., Царегородцев С.И. // Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. N 9. С. 995–996.
2. Ельников А.В., Зуев В.В., Катаев М.Ю., Маричев В.Н., Мицель А.А. // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5. N 6. С. 576–587.
3. Обухов А.М. // Изв. АН СССР. Сер. Геофиз. 1960. Вып. 3. С. 432–439.

Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Томск

Поступила в редакцию  
14 ноября 1997 г.

V.V. Zuev, S.I. Dolgii, A.V. El'nikov, V.N. Marichev. **Preliminary Statistical Analysis of the Results of Stratospheric Ozone Lidar Sounding.**

The paper describes the results of the preliminary analysis of the ozone vertical distribution over the period of stratospheric aerosol «background» content (1995 – 1997). The maximum ozone concentration at the mean profile is observed at 18 km altitude. The ensemble variability available has no clearly defined maximum in a given altitude range. Its monotonous decrease is observed from 15–16 km altitude to about 22.5 km altitude, and at higher altitude the variability remains practically unchanged.