

УДК 551.510.534:551.510.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЗОНА С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОФОТОМЕТРА БРЮЕРА

© 1999 г. Н. Ф. Еланский, И. В. Митин, О. В. Постыляков

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
109017 Москва, Пыжевский пер., 3*

Поступила в редакцию 06.10.97 г.,
после доработки 20.03.98 г.

Выполнено теоретическое исследование предельных возможностей по повышению точности определения содержания озона на основе наблюдений эффекта обращения на мировой сети озонметрических станций, оснащенных спектрофотометрами Брюера. Исследованы возможности как улучшения алгоритма восстановления, так и оптимизации процедуры измерения УФ излучения, наблюдаемые интенсивности которого являются исходными для расчета профилей содержания озона. На основе теоретических исследований предложены новый алгоритм восстановления вертикального распределения озона по наблюдениям эффекта обращения и оптимизированная методика проведения таких наблюдений. Ошибки восстановления нового алгоритма меньше погрешностей, характерных для стандартного сетевого метода, причем уменьшение погрешности достигает примерно двух раз в нижней стратосфере. Оптимизация методики наблюдений может дать дополнительное уменьшение погрешности с типичными значениями до 10–25%.

ВВЕДЕНИЕ

Изменение содержания озона в атмосфере сказывается на радиационном балансе и климате Земли [1]. Оценка трендов содержания озона в последние годы неоднократно уточнялась, и в настоящее время считается, что его общее содержание снижалось с 1970 по 1994 г. со средней скоростью $1.7 \pm 0.4\%$ за десятилетие, а в широтной зоне $35^\circ\text{--}90^\circ\text{ N}$ – со скоростью $2.0 \pm 0.8\%$ за десятилетие [2, 3]. В настоящее время наиболее значительные неопределенности сохраняются в оценках долговременной изменчивости вертикального распределения озона (ВРО) [4]. Такие оценки основываются на анализе данных дистанционного зондирования с земли (восстановление вертикальных профилей озона по наблюдениям эффекта обращения) и из космоса (лимбовые измерения систем SAGE/SAGE II), а также на данных прямых измерений с помощью озонзондов [5]. Полученные результаты говорят о существовании значительного отрицательного тренда озона на высотах 15–25 км. Однако если в слое 20–25 км все системы дают примерно совпадающие значения, то в слое 15–20 км отмечаются большие отличия. Например, по являющимся более достоверными данным озонзондов уменьшение концентрации озона в средних широтах северного полушария составляет $7 \pm 3\%$, в то время как по данным SAGE – $20 \pm 8\%$ за десятилетие [4]. Данные наземных наблюдений для этой области не проясняют

ситуацию, поскольку в нижней стратосфере погрешность этих измерений велика [6]. Подобная несогласованность отмечается и для стратосферы выше 30 км, куда зонды поднимаются нечасто и где погрешности прямых и дистанционных измерений велики. По этим причинам общая картина долговременных изменений озона в толще атмосферы остается в некоторой степени неопределенной, что сильно затрудняет изучение причин, механизмов и многочисленных последствий изменения содержания озона в атмосфере.

Поэтому продолжает оставаться актуальной работа, связанная с развитием приборов и методов измерений, а также совершенствованием методов обработки и анализа полученных ранее данных. Существенные результаты достигнуты в области совершенствования озонзондов и зондирования из космоса. Определенная работа проведена в области развития метода и алгоритма восстановления вертикального распределения озона по наблюдениям эффекта обращения.

Метод обращения получил широкое распространение, поскольку он является единственным способом, который позволяет восстановить вертикальный профиль озона, используя стандартные сетевые приборы Добсона и Брюера. Стандартные наблюдения эффекта обращения [7–9] состоят в измерении отношения интенсивностей рассеянного в зените солнечного УФ излучения на паре длин волн с сильным и более слабым по-