

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ ФИЛЬТРОВЫМИ ОЗОНОМЕТРАМИ

Н.Г. ДЖАВАДОВ, М.М. АЛИЕВ, Х.Г. АСАДОВ

Азербайджанское Национальное Аэрокосмическое Агентство

Баку-370106, пр. Азадлыг, 159

(Поступило 02.04.96)

В статье рассмотрены вопросы исследования достоверности результатов измерения общего содержания озона в атмосфере с помощью фильтровых озонометров. Проведен сравнительный анализ вариантов построения озонометра с отсекающим светофильтром и без него. Предлагается алгоритм проведения озонометрических измерений с максимальной достоверностью результатов.

Как известно, в течение последних двадцати лет, наряду с другими глобальными проблемами на планете, возникла "озоновая" проблема. К настоящему времени нет единого мнения о механизме образования "озоновых дыр". В то же время общепринято, что следует рассматривать как естественные механизмы разрушения озона, так и антропогенные факторы, одним из которых является искусственное кондиционирование воздуха [1].

В настоящее время для исследования озонового слоя атмосферы широко используются фильтровые озонометры типа М-83 и его модификации [2]. Обладая существенной простотой и дешевой конструкцией, эти озонометры по точности уступают спектрофотометрам Добсона. Однако, в теоретическом плане еще не до конца изучены вопросы проведения озонометрических измерений с высокой достоверностью с помощью фильтровых озонометров и пути их достижения. В связи с вышесказанным, нами была поставлена задача исследовать теоретически возможности построения фильтровых озонометров с максимальной достоверностью измерения общего содержания озона в атмосфере.

Проанализируем достоверность измерения общего содержания озона с помощью двухканального фильтрового озонометра, каждый канал которого состоит из последовательно включенных интерференционного светофильтра, отсекающего светофильтра и УФ фотоприемника.

Известно, что достоверность измерения любого сигнала однозначно определяется величиной результирующих шумов и полезного сигнала на выходе измерительных устройств. Применительно к фильтровому озонометру следует также учесть, что наличие отсекающего светофильтра оказывает двойное влияние на результирующее отношение сигнал-шум на выходе рассматриваемого канала озонометра. С одной стороны, он отсекает часть фонового сигнала и сигнала с удвоенной длиной волны, пропускаемых интерференционным светофильтром, что в конечном счете уменьшает результирующие шумы. С другой стороны, очевидно, что наличие отсекающего фильтра приводит к некоторому уменьшению полезного сигнала на выходе канала. Естественно предположить, что имеется некоторое граничное значение коэффициента пропускания отсекающего фильтра, при превышении которого повышается отношение сигнал-шум на выходе системы.

В результате проведенного теоретического анали-

за найдено условие наличия выигрыша в отношении сигнал-шум при применении отсекающего фильтра в виде неравенства

$$K_p > \sqrt{\frac{1}{1 + (\sigma_{02\lambda}^2 + \sigma_{\text{fог}}^2) \cdot \frac{K_{\text{фр}}^2}{\sigma_{\text{фр}}^2}}} \quad (1)$$

где K_p - коэффициент пропускания отсекающего светофильтра; $\sigma_{02\lambda}$ - шум на входе отсекающего светофильтра из-за пропускания интерференционным светофильтром сигнала удвоенной длины волны; $\sigma_{\text{fог}}$ - суммарный шум на входе отсекающего светофильтра в нерабочей полосе; $K_{\text{фр}}$ - коэффициент преобразования УФ фотоприемника; $\sigma_{\text{фр}}$ - шумы фотоприемника.

Рассмотрим теперь вопрос об оптимальном выборе граничной длины волны пропускания отсекающего фильтра с учетом того, что при предельном уменьшении граничной длины волны одновременно с уменьшением фонового сигнала, проходящего через отсекающий светофильтр уменьшается и величина полезного сигнала из-за частичного усечения последнего. Этот факт иллюстрируется на рис. 1, где λ_0 - граничная длина волны отсекающего светофильтра.

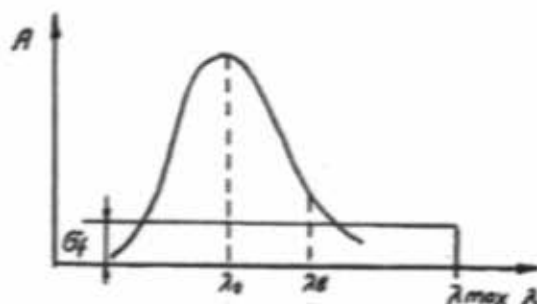


Рис. 1.

Можно показать, что при аппроксимации контура линии поглощения и кривой пропускания интерференционного светофильтра гауссовскими кривыми, отношение сигнал-шум на выходе УФ фотоприемника может быть вычислено как

$$S = \frac{k\beta_1\lambda_{\max}}{\lambda_0\sigma_f} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\gamma_2} \int_0^{\lambda_1} \exp\left[-\frac{(\lambda-\lambda_0)^2}{2\gamma_2}\right] d\lambda - \frac{\beta_2}{\sqrt{2\pi}\gamma_1} \int_0^{\lambda_1} \exp\left[-\frac{(\lambda-\lambda_0)^2}{2\gamma_1}\right] d\lambda \right] \quad (2)$$

где β_1, β_2 - коэффициенты пропорциональности; k - коэффициент, отражающий спектральную чувствительность УФ фотоприсемника, в первом приближении принятую за постоянную величину; λ_{\max} - верхняя граничная длина волны в рабочем диапазоне УФ фотоприсемника; σ_f - вычисленная величина фоновой составляющей шума; γ_2 - ширина кривой функции пропускания интерференционного светофильтра; γ_1 - ширина линии поглощения; λ_0 - центральная длина волны кривой пропускания интерференционного светофильтра.

Графики выражения (2), вычисленные при $\lambda_0=300$ nm; $\gamma_2=\gamma_1=10$ nm; 20 nm; $\frac{k\beta_1}{\sigma_f}=20$; $\beta_2=0,5$; $\lambda_{\max}=1\text{ мкм}$

приведены на рис. 2. Из графиков можно сделать вывод о наличии максимума отношения сигнал-шум на выходе УФ фотоприсемника. При этом экстремум отношения смещается в зависимости от величины ширины линии поглощения.

Как известно [3], в условиях атмосферы Земли контур линии поглощения сильно зависит от таких параметров как температура и давление. Статистический характер атмосферных условий при проведении озон-

метрических измерений приводит к исходной неопределенности в выборе оптимальной граничной частоты отсекающего светофильтра с точки зрения достижения максимальной величины отношения сигнал-шум.

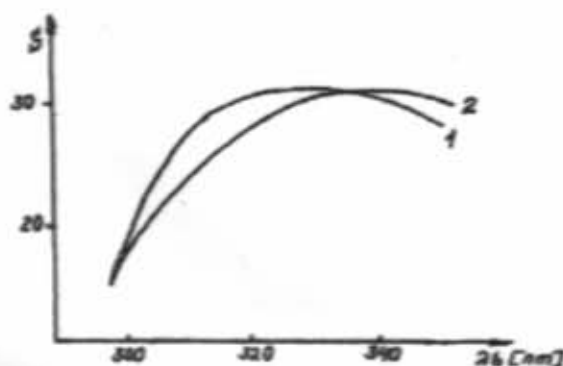


Рис.2. 1 - при $\sigma_f = 10$ nm; 2 - при $\sigma_f = 20$ nm

Исходя из вышесказанного, можно предложить следующий алгоритм повышения достоверности измерений общего содержания озона фильтровыми озонотрами:

1. Необходимо оценить величину отношения сигнал/шум S_i при фиксированной величине λ_{0i} .
2. Провести повторные измерения S_{ij} для λ_{0i} ($j=1, n$). Определяется значение j , при котором S_{ij} достигает максимального значения.
3. В каждом цикле измерений, повторяя п.2, подбирают отсекающий светофильтр, при котором отношение сигнал-шум имеет максимальное значение.

- [1] Л.П. Останин, К.Н. Благосклонов. Охрана природы. М., "Колос", 1984, гл.2, с.69.
 [2] С.П. Перов, А.Х. Хргиан. Современные проблемы атмосферного озона. Л. Гидрометеоиздат,

- 1980, гл.4, с.118.
 [3] В.М. Захаров, О.К. Костко, С.С. Хмелевцев. Лидары и исследование климата. Л. Гидрометеоиздат, 1990, гл.5, с.160.

N.Q. Cavadov, M.M. Əliyev, X.Q. Əsədov

ATMOSFERDƏ OZONUN ÜMUMİ MİQDARININ SÜZGƏCLİ OZONOMETRLƏR VASİTƏSİLƏ ÖLÇÜ NƏTİCƏLƏRİNİN SƏHİHLİYİNİN TƏDQIQI

Məqalədə süzğəclı ozonometrler vasitesile atmosferde ozonun ümumi miqdarının ölçü neticeleri səhıhliyinin tədqiq edilməsi məsələlərinə baxılır. Kəskin iqaq süzğəci olan ozonometrle bu cür süzğəci olmayan ozonometr variantları mlqayiseli analiz edilir. Neticeləri maksimal səhıhliyə malik olan ozonometrik ölçmələrin aparılması algoritmi təklif edilir.

N.G. Javadov, M.M. Alıyev, H.G. Asadov

THE INVESTIGATION OF RESULTS OF THE MEASUREMENT OF THE TOTAL OZONE CONTENTS IN THE ATMOSPHERE BY FILTER OZONOMETRES

In this paper the questions of the study of authenticity of result of the measurement of the total ozone contents in the atmosphere by filter ozonometre are considered. Analysis of two variant of ozonometre with the cutting filter and without it is given. The algorithm of the ozonometric measurement with the high authenticity of results is proposed.

Редактор: Ф.М. Гашишев