

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.
ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

УДК 551.590.21

М.Н. Еременко, М.Ю. Катаев, А.А. Мицель

НОВАЯ МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ОЗОНОМЕТРА М-124

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

Поступила в редакцию 17.07.98 г.

Принята к печати 4.12.98 г.

Приведена методика обработки данных широкополосных измерений прямого солнечного излучения с целью увеличения количества информации, получаемой из эксперимента. Методика основана на применении метода моментов и позволяет восстанавливать общее содержание газовой компоненты, эффективную высоту слоя и его полуширину. Проведено численное моделирование для выявления особенностей и возможностей методики по восстановлению искомых параметров. Методика применена для обработки реальных данных, полученных озонометром М-124.

Введение

На озонометрических станциях России широко используется прибор М-124 для измерения общего содержания озона (ОСО) [1, 2]. Прибор представляет собой широкополосный фотометр и имеет три спектральных канала: 300 (21), 326 (21), 348 (30) нм (в скобках указана ширина полосы пропускания фильтров). Методика измерения ОСО основана на использовании номограмм зависимости отношения сигналов первого и второго каналов от зенитного угла склонения Солнца и содержания O_3 в атмосфере. Номограмма охватывает диапазон ОСО от 0,2 до 0,6 атм · см. Третий канал используется для калибровки и измерения потоков солнечной радиации. Метод номограмм хорошо себя зарекомендовал для «невозмущенной» атмосферы. Однако природные «катастрофы», такие как извержение вулканов, приводят к искажению результатов определения ОСО (которые невозможно предусмотреть и как-то учесть в номограммах), т.е. к неконтролируемым погрешностям измерения ОСО.

В настоящей работе предлагается новая методика обработки сигналов озонометра М-124, позволяющая: 1) устранить указанный недостаток; 2) кроме ОСО определять оптическую толщину молекулярной и аэрозольной атмосферы; 3) проводить экспресс-анализ профиля озона.

Отметим, что подобная методика (метод моментов) уже применялась для квазимонохроматических измерений прямого солнечного излучения [2]. Однако в данной работе методика не исследовалась детально, не было проведено численное моделирование для выяснения особенностей и возможностей методики. Кроме того, авторы [2] считали аэрозольную и молекулярную толщи известными заранее.

Обработка сигналов М-124 за прошедший период по новой методике позволит выявить статистические закономерности поведения ОСО, высоты максимума профиля озона и его ширины с аэрозольной оптической толщиной.

1. Определение оптической толщи

Регистрируемое М-124 прямое солнечное излучение связано с атмосферными параметрами следующим соотношением:

$$I(\lambda_j, \varphi) = c(\lambda_j) \int_{\Delta\lambda} I_0(\lambda') T_{\phi}(\lambda' - \lambda_j) T_{ma}(\lambda', \varphi) \times T_r(\lambda', \varphi) T_{oz}(\lambda', \varphi) d\lambda', \quad (1)$$

где φ – зенитный угол склонения Солнца; $I_0(\lambda')$ – интенсивность внеатмосферного излучения Солнца; $T_{\phi}(\lambda' - \lambda)$ – пропускание светофильтра.

При этом полагаем

$$\int T_{\phi}(\lambda' - \lambda_j) d\lambda' = 1,$$

где λ_j – длина волны j -го канала; $T_{ma}(\lambda' - \lambda)$ – пропускание молекулярно-аэрозольной атмосферы; $T_{oz}(\lambda' - \lambda)$ – пропускание озона; $T_r(\lambda' - \lambda)$ – пропускание «мешающих» газов (кроме O_3), вносящих вклад в ослабление излучения; $c(\lambda_j)$ – константа прибора на длине волны λ_j ($j = 1, 2, 3$).

Пропускание i -й ослабляющей компоненты атмосферы представим в виде

$$T_i(\lambda, \varphi) = \exp \{-\tau_i(\lambda, \varphi)\}, \quad (2)$$

где

$$\tau_i(\lambda, \varphi) = \int_0^{H_a} B(h, \varphi) \alpha_i(\lambda, h) dh; \quad i = a, m, g, oz. \quad (3)$$

Здесь $B(h, \varphi)$ – функция трассы, имеющая вид

$$B(h, \varphi) = \frac{(h + R) n(h)}{\sqrt{(h + R)^2 - R^2 \sin^2 \varphi}}, \quad (4)$$

где $\alpha_i(\lambda, h)$ – объемный коэффициент ослабления; R – радиус Земли; $n(h)$ – показатель преломления; H_a – граничная высота атмосферы.

На рис. 1 показаны рассчитанные зависимости оптических толщ вертикального столба от длины волны исследуемого газа $\tau_{oz}(\lambda)$, аэрозольной атмосферы $\tau_a(\lambda)$, «ме-

шающих» газов $\tau_r(\lambda)$ и молекулярной атмосферы $\tau_m(\lambda)$. Здесь же показаны кривые пропускания светофильтров. Исходные данные для расчетов следующие: коэффициент поглощения озона $K_{O_3}(\lambda)$ заимствованы из [3]; профиль озона $\rho(h)$ взят из [4, 5] ($W = 300$ е.Д.); $\alpha_a(\lambda)$ соответствует модели фонового аэрозоля [6]; плотность воздуха для расчета $\tau_m(\lambda)$ взята для модели лета средних широт [7].

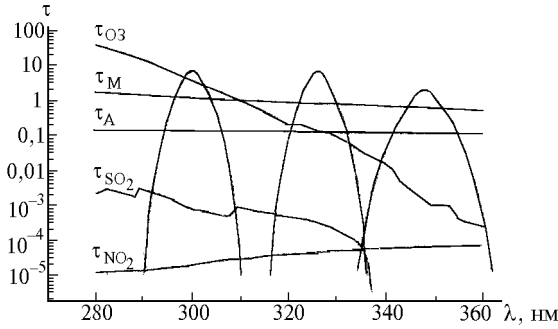


Рис. 1. Нормированные зависимости оптических толщин вертикального столба от длины волны исследуемого газа $\tau_{O_3}(\lambda)$, аэрозольной атмосферы $\tau_a(\lambda)$, мешающих газов $\tau_r(\lambda)$ и молекулярной атмосферы $\tau_m(\lambda)$. Здесь же показаны кривые пропускания светофильтров

Из рис. 1 следуют два вывода: 1) оптическая толщина $\tau_r(\lambda)$ «мешающих» газов мала по сравнению с $\tau_{O_3}(\lambda)$, $\tau_a(\lambda)$ и $\tau_m(\lambda)$, поэтому вкладом «мешающих» газов в суммарную интенсивность можно пренебречь и в дальнейшем в данной задаче не учитывать; 2) в пределах ширины светофильтров $T_{\Phi 1}(\lambda)$, $T_{\Phi 2}(\lambda)$ и $T_{\Phi 3}(\lambda)$ оптические толщины $\tau_a(\lambda)$ и $\tau_m(\lambda)$ можно принять не зависящими от длины волны (либо слабо зависящими).

С учетом сказанного выражение (1) можно переписать

$$I(\lambda_j, \varphi) = c(\lambda_j) T_{ma}(\lambda_j, \varphi) \int_{\Delta\lambda} I_0(\lambda') T_{\Phi}(\lambda' - \lambda_j) T_{O_3}(\lambda') d\lambda'. \quad (5)$$

В дальнейшем полагаем, что константы калибровки $c(\lambda_j)$ для всех каналов одинаковы (см. [1, 2, 8]) и равны C . Кроме того, полагаем константу C известной.

Интеграл в формуле (5) аппроксимируем следующим выражением:

$$\int_{\Delta\lambda} I_0(\lambda') T_{\Phi}(\lambda' - \lambda_j) T_{O_3}(\lambda') d\lambda' = \exp \{(-\beta_j (W(\varphi))^{n_j})\}. \quad (6)$$

Здесь β_j имеет смысл эффективного коэффициента поглощения озона на единицу ОСО; n_j – параметр; $W(\varphi)$ – общее содержание озона на трассе в слое атмосферы между прибором и Солнцем:

$$W(\varphi) = \int_0^{H_0} \frac{(h+R)\rho(h)dh}{\sqrt{(h+R)^2 - R^2 \sin^2 \varphi}}; \quad (7)$$

$\rho(h)$ – профиль концентрации озона.

В выражении (7) мы пренебрегли показателем преломления $n(h)$ (см. (4)).

Параметры модели (6) β_j и n_j рассчитаны на основе данных о пропускании светофильтров $T_{\Phi}(\lambda' - \lambda)$ [8, 9],

солнечной постоянной $I_0(\lambda)$ [10] и коэффициентов поглощения озона.

В табл. 1 приведены значения параметров β_j, n_j для трех каналов, а также погрешности параметров $\Delta\beta_j, \Delta n_j$. Диапазон зенитных углов при расчете β_j, n_j принимался равным 30–75°. Данная таблица получена для модели лета средних широт.

Таблица 1

| λ_j , нм | β_j , нм | n_j | $\Delta\beta_j$ | Δn_j |
|------------------|----------------|----------|-----------------|--------------|
| 300 | 6,119502 | 0,713126 | 0,000179 | 0,000203 |
| 326 | 0,416949 | 0,982102 | 0,000080 | 0,000090 |
| 348 | 0,010966 | 0,995096 | 0,002320 | 0,002627 |

Исследован вопрос о применимости полученных данных (значений параметров β_j, n_j) для других атмосферных условий. Для этого решалась прямая задача на основе различных моделей содержания озона, а обратная задача – на основе параметров, приведенных в табл. 1. Результаты моделирования показали, что максимальная погрешность восстановления ОСО составила 0,06%.

С учетом (6) модель (5) примет вид

$$I(\lambda_j, \varphi) = C \exp \{(-\tau_{ma}(\lambda_j, \varphi) - \beta_j (W(\varphi))^{n_j})\}. \quad (8)$$

Численное моделирование показало, что отклонение δI моделей (5) и (8) относительно выражения (1) не превосходит 1,5% для первого фильтра, 0,4% для второго и 0,1% для третьего.

В интервале длин волн 300–350 нм оптическую толщину $\tau_{ma}(\lambda, \varphi)$ можно аппроксимировать следующим выражением:

$$\tau_{ma}(\lambda, \varphi) = A(\varphi) (\lambda/\lambda_0)^{B(\varphi)}. \quad (9)$$

Подставив (9) в (8), получим окончательное выражение для регистрируемого измерения:

$$I(\lambda_j, \varphi) = C \exp \{-A(\varphi) (\lambda_j/\lambda_0)^{B(\varphi)} - \beta_j (W(\varphi))^{n_j}\}. \quad (10)$$

Имея измеренные сигналы $I(\lambda_j, \varphi)$ на трех длинах волн из (10), находим три параметра: A, B , и W . Затем по формуле (9) определяем τ_{ma} .

Угловые зависимости погрешностей ΔA и ΔB приведены в табл. 2.

Таблица 2

| φ | A | B | ΔA | ΔB |
|-----------|----------|-----------|------------|------------|
| 35,799999 | 1,556787 | -3,179260 | 0,018848 | 0,191910 |
| 37,500000 | 1,591422 | -3,179241 | 0,018847 | 0,191902 |
| 40,000000 | 1,647950 | -3,179212 | 0,018847 | 0,191904 |

2. Экспресс-анализ профиля озона

Описанная выше методика позволяет определять содержание озона и оптическую толщину $\tau_{ma}(\varphi)$ в направлении, определяемом зенитным углом Солнца φ . Если $\varphi \leq 50^\circ$, то функцию трассы в (7) можно заменить на $\sec \varphi$, т.е.

$$W(\varphi) = \sec(\varphi) W_0, \quad (11)$$

где W_0 – общее содержание озона, приведенное к вертикальному столбу атмосферы. При $\varphi > 50^\circ$ уже необходимо

учитывать кривизну Земли. В методе номограмм пересчет $W(\varphi)$ в W_0 производится по соответствующей номограмме. В нашей работе предлагается определять не только W_0 , но и некоторые характеристики профиля озона, такие как эффективная высота слоя H_0 озона и его толщина d ($d = 2\sigma$, рис. 2). Рассмотрим метод получения H_0 и d .

Пусть имеется $W(\varphi)$ для трех значений углов φ_i , $i = 1, 2, 3$. Тогда, раскладывая функцию трассы в (7) в ряд по степеням параметра h/R , получим

$$\frac{(R+h)\rho(h)}{\sqrt{(R+h)^2 - R^2 \sin^2 \varphi}} = \rho(h) \times \left\{ 1 + \left(\frac{h}{R}\right) \operatorname{tg}^2 \varphi + \left(\frac{h}{R}\right)^2 \sec^2 \varphi \left[\left(\frac{3}{2}\right) \sec^2 \varphi - 1 \right] + \dots \right\}. \quad (12)$$

После интегрирования (12) получим следующую систему уравнений относительно моментов:

$$\mu_i = \int_0^{H_a} h^i \rho(h) dh, \quad (13)$$

$$\begin{cases} \mu_0 - a_1 \mu_1 + b_1 \mu_2 = y_1, \\ \mu_0 - a_2 \mu_1 + b_2 \mu_2 = y_2, \\ \mu_0 - a_3 \mu_1 + b_3 \mu_2 = y_3, \end{cases}$$

где

$$a_i = \frac{1}{R} \operatorname{tg}^2 \varphi; \quad b_i = \frac{1}{R^2} \sec^2 \varphi_i \left(\frac{3}{2} \sec^2 \varphi_i - 1 \right); \quad y_i = W(\varphi_i).$$

Решение системы (13) имеет вид

$$\mu_0 = \frac{1}{D} D_1; \quad \mu_1 = \frac{1}{D} D_2; \quad \mu_2 = \frac{1}{D} D_3, \quad (14)$$

где

$$\begin{aligned} D &= b_1(a_2 - a_3) + b_2(a_3 - a_1) + b_3(a_1 - a_2); \\ D_1 &= y_1(a_3 b_2 - a_2 b_3) + y_2(a_1 b_3 - a_3 b_1) + y_3(b_1 a_2 - a_1 b_2); \\ D_2 &= y_1(b_2 - b_3) + y_2(b_3 - b_1) + y_3(b_1 - b_2); \\ D_3 &= y_1(a_2 - a_3) + y_2(a_3 - a_1) + y_3(a_1 - a_2). \end{aligned}$$

Характеристики профиля озона связаны с моментами μ_i следующими соотношениями:

$$W_0 = \mu_0 = \int_0^{H_a} \rho(h) dh; \quad H_0 = \frac{\mu_1}{\mu_0} = \frac{\int_0^{H_a} h \rho(h) dh}{\int_0^{H_a} \rho(h) dh};$$

$$d = 2 \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_0} - \left(\frac{\mu_1}{\mu_0}\right)^2}; \quad (15)$$

где H и d – эффективные высота и толщина слоя озона.

Если измерения $W(\varphi)$ произведены только для двух углов φ_i , $i = 1, 2$, то из экспериментальных данных можно получить лишь два момента:

$$\mu_0 = \frac{y_1 a_2 - y_2 a_1}{a_2 - a_1}; \quad \mu_1 = \frac{y_1 - y_2}{a_2 - a_1} \quad (16)$$

и по формулам (15) получить W_0 и H_0 .

Погрешности определения моментов и соответствующих характеристик профиля озона вычисляются по следующим формулам.

а) Двухугольная методика

$$\delta_{\mu_0} = \frac{\sqrt{\sigma_{y_1}^2 a_2^2 + \sigma_{y_2}^2 a_1^2}}{y_1 a_2 - y_2 a_1}; \quad \delta_{\mu_1} = \frac{\sqrt{\sigma_{y_1}^2 + \sigma_{y_2}^2}}{y_1 - y_2}; \quad (17)$$

$$\delta_{W_0} = \delta_{\mu_0}; \quad \delta_{H_0} = \sqrt{\delta_{\mu_0}^2 + \delta_{\mu_1}^2 - 2 \frac{1}{\mu_1 \mu_0} \langle \Delta \mu_0 \Delta \mu_1 \rangle}, \quad (18)$$

где

$$\langle \Delta \mu_0 \Delta \mu_1 \rangle = \frac{[(\sigma_{y_1}^2 a_2 + \sigma_{y_2}^2 a_1)]}{(a_2 - a_1)^2}. \quad (19)$$

Здесь $\sigma_{y_i}^2$ – погрешность измерения величины $y_i = W(\varphi_i)$.

б) Трехугольная методика

$$\sigma_{\mu_0} = \frac{1}{D} \left\{ \sigma_{y_1}^2 (a_3 b_2 - a_2 b_3)^2 + \sigma_{y_2}^2 (a_1 b_3 - a_3 b_1)^2 + \sigma_{y_3}^2 (a_2 b_1 - a_1 b_2)^2 \right\}^{1/2};$$

$$\sigma_{\mu_1} = \frac{1}{D} \left\{ \sigma_{y_1}^2 (b_2 - b_3)^2 + \sigma_{y_2}^2 (b_3 - b_1)^2 + \sigma_{y_3}^2 (b_1 - b_2)^2 \right\}^{1/2};$$

$$\sigma_{\mu_2} = \frac{1}{D} \left\{ \sigma_{y_1}^2 (a_2 - a_3)^2 + \sigma_{y_2}^2 (a_3 - a_1)^2 + \sigma_{y_3}^2 (a_1 - a_2)^2 \right\}^{1/2}.$$

Погрешности δ_{W_0} и δ_{H_0} рассчитываются по формулам (18), в которых

$$\delta_{\mu_i} = \frac{\sigma_{\mu_i}}{\mu_i}, \quad i = 1, 2;$$

$$\langle \mu_0 \mu_1 \rangle = \frac{1}{D^2} \left\{ \sigma_{y_1}^2 (a_3 b_2 - a_2 b_3) (b_2 - b_3) + \sigma_{y_2}^2 (a_1 b_3 - a_3 b_1) (b_3 - b_1) + \sigma_{y_3}^2 (a_2 b_1 - a_1 b_2) (b_1 - b_2) \right\}. \quad (20)$$

Вычислим погрешность

$$\begin{aligned} \sigma_d &= 2 \frac{1}{d} \left\{ \delta_{\mu_0}^2 \left[\frac{\mu_2}{\mu_0} - 2 \left(\frac{\mu_1}{\mu_0} \right)^2 \right]^2 + \delta_{\mu_1}^2 4 \left(\frac{\mu_1}{\mu_0} \right)^4 + \delta_{\mu_2}^2 \left(\frac{\mu_2}{\mu_0} \right)^2 + \right. \\ &+ 4 \left(\frac{\mu_2}{\mu_0} \right) \left(\frac{\mu_1}{\mu_0} \right)^2 \left[\frac{1}{\mu_0 \mu_1} \langle \Delta \mu_0 \Delta \mu_1 \rangle - \frac{1}{\mu_1 \mu_2} \langle \Delta \mu_1 \Delta \mu_2 \rangle \right] + \\ &\left. + 2 \frac{1}{\mu_0} \left[2 \left(\frac{\mu_1}{\mu_0} \right)^2 - \frac{\mu_2}{\mu_0} \right] \langle \Delta \mu_0 \Delta \mu_2 \rangle \right\}^{1/2}. \quad (21) \end{aligned}$$

Здесь $\langle \Delta\mu_0 \Delta\mu_i \rangle$ рассчитывается по формуле (20)

$$\langle \Delta\mu_1 \Delta\mu_2 \rangle = \frac{1}{D^2} \left\{ \sigma_{Y_1}^2 (b_2 - b_3) (a_2 - a_3) + \right. \\ \left. + \sigma_{Y_2}^2 (b_3 - b_1) (a_3 - a_1) + \sigma_{Y_3}^2 (b_1 - b_2) (a_1 - a_2) \right\}; \quad (22)$$

$$\langle \Delta\mu_0 \Delta\mu_2 \rangle = \frac{1}{D^2} \left\{ \sigma_{Y_1}^2 (a_3 b_2 - a_2 b_3) (a_2 - a_3) + \right. \\ \left. + \sigma_{Y_2}^2 (a_1 b_3 - a_3 b_1) (a_3 - a_1) + \sigma_{Y_3}^2 (a_2 b_1 - a_1 b_2) (a_1 - a_2) \right\}. \quad (23)$$

3. Результаты моделирования

Для изучения возможностей предлагаемой методики (метода моментов) по восстановлению ОСО, высоты центра тяжести озонового слоя и полуширины слоя нами было проведено численное моделирование. Функция $W(\varphi)$ имитировалась интегралом от гауссоиды с параметрами A , σ , X_0 (моделирование слоя озона гауссоидой и смысл приведенных параметров показаны на рис. 2). Исследовалась зависимость функции $W(\varphi)$ от изменения параметров гауссоиды. Изменение параметра A характеризует изменение общего

содержания, изменение σ показывает изменение полуширины слоя, и X_0 отражает влияние центра тяжести (эффективной высоты):

$$\omega(\varphi) = \frac{1}{\cos \varphi} \int f(x) dx; \quad f(x) = A \exp \left\{ -\frac{(x - x_0)^2}{2\sigma^2} \right\}.$$

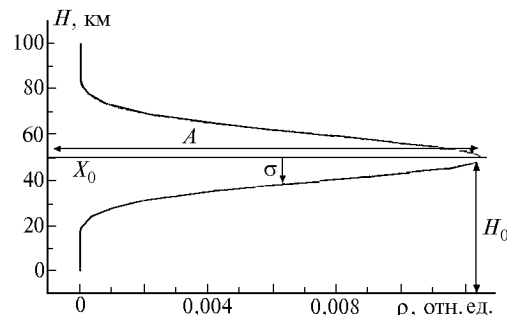


Рис. 2. Графический смысл параметров A , σ , X_0 , имитирующих параметры озонового слоя

Результаты моделирования показаны на рис. 3–5.

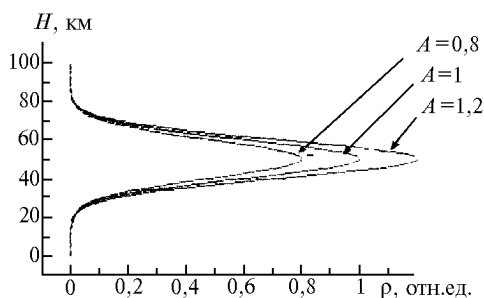


Рис. 3. Зависимость функции $W(\varphi)$ от параметра A (имитация изменения общего содержания озона)

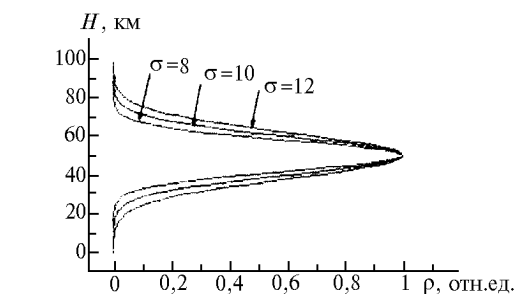


Рис. 4. Зависимость функции $W(\varphi)$ от параметра σ (имитация изменения полуширины озонового слоя)

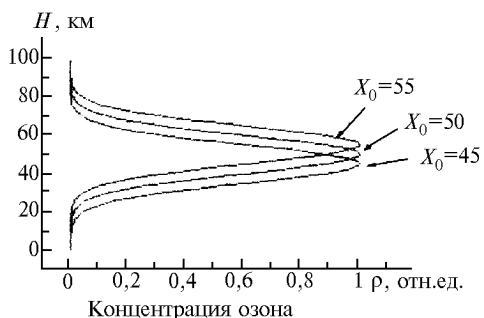
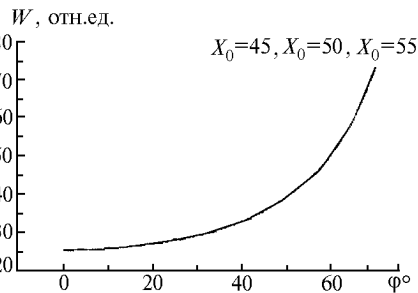
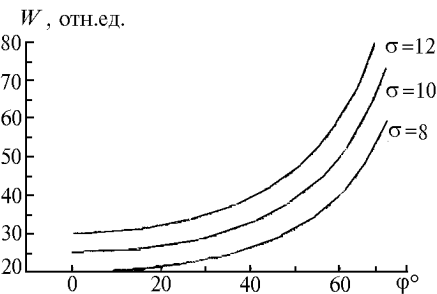
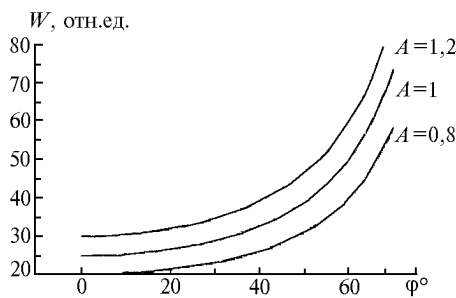


Рис. 5. Зависимость функции $W(\varphi)$ от параметра X_0 (имитация изменения высоты максимума озонового слоя)



Как видно из приведенных графиков, изменение амплитуды A (изменение общего содержания, рис. 3), а также и полуширины σ (полуширины слоя, рис. 4), приводит к соответствующему увеличению функции $W(\varphi)$. Изменение же центра гауссоиды X_0 (центра тяжести слоя, рис. 5) слабо сказывается на функции $W(\varphi)$.

4. Обработка натуральных данных

Для проверки работоспособности метода была осуществлена обработка реальных данных широкополосных измерений, произведенных прибором М-124 24.05.98. Обработанные данные по восстановлению ОСО (третья колонка) приведены в табл. 3 в сравнении с данными ОСО, полученными методом номограмм (вторая колонка). Так как метод номограмм не позволяет определять параметры озонного профиля, то параметры озонового слоя, приведенные в таблице (высота центра слоя – четвертая колонка и ширина слоя – пятая колонка), сравнивались с результатами расчетов искомых параметров, исходя из модели лета средних широт.

Таблица 3

| Зенитный угол Солнца φ° | Данные измерений ОСО | W_0 | H_0 | d |
|--------------------------------------|----------------------|---------|----------|----------|
| 37,4 | 0,345 | 0,34206 | 22,31653 | 29,14012 |
| 37,9 | | | | |
| 38,1 | | | | |

Согласно модельным расчетам

$$W_0 = 0,354 \text{ атм} \cdot \text{см}; H_0 = 23,32 \text{ км}; d = 9,27 \text{ км}.$$

Как видно из табл. 3, полученные результаты согласуются с модельными расчетами. Заметное расхождение восстановления второго момента (d) объясняется малыми значениями зенитного угла Солнца, поскольку наиболее точно методика работает при больших зенитных углах ($\varphi > 50^\circ$), т.е. когда функция трассы $B(h, \varphi)$ уже достаточно сильно отличается от $1/\cos(\varphi)$.

В заключение авторы выражают признательность С.В. Смирнову за любезно предоставленные данные измерений, выполненных на М-124, а также С.Д. Творогову за полезные критические замечания.

1. *Атмосферный озон* // Труды VI Всесоюзного симпозиума / Под ред. Г.П. Гущина Л.: Гидрометеоздат, 1987. 302 с.
2. *Хргиан А.Х.* Физика атмосферного озона. Л.: Гидрометеоздат, 1973. 291 с.
3. *Molina L.T., Molina M.J.* // J. of Geophys. Res. 1986. V. 19. N.D.13. P. 14501–14508.
4. *Зуев В.Е., Комаров В.С.* Статистические модели температуры и газовых компонентов атмосферы. Томск, 1986. 265 с.
5. *Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М.* Газовые примеси в атмосфере. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 223 с.
6. *Креков Г.М., Рахимов Р.Ф.* Оптические модели атмосферного аэрозоля. Томск, 1986. 294 с.
7. *Ипполитов И.И., Комаров В.С., Мицель А.А.* // Спектроскопические методы зондирования атмосферы // Новосибирск: Наука, 1985. С. 4–44.
8. *Гущин Г.П., Виноградова Н.Н.* Суммарный озон в атмосфере. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 238 с.
9. *Назаров И.М., Николаев А.И., Фридман Ш.Д.* Дистанционные и экспрессные методы определения загрязнения окружающей среды. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 195 с.
10. *Thekaekara M.P.* // Appl. Opt. 1974. V. 13. N 3. P. 518–522.

M.N. Eremenko, M.Yu. Kataev, A.A. Mitsel. New Method for Processing Data Obtained with Ozonometer-124.

New method for processing of wide-band measurements of direct solar light, providing quantitative increase of experimental information, is presented in the paper. It is based on the moments method and allows a reconstruction of total content of gaseous component, efficient thickness of a layer, and its halfwidth. Numerical simulation was conducted to clarify peculiarities and possibilities of the method for reconstructing the desired parameters. The method was tested in the processing of realistic data obtained with the ozonometer-124.