

# NGHIÊN CỨU XU THẾ BIẾN ĐỘNG CỦA ÔZÔN ĐỐI LƯU TẠI HÀ NỘI

GS.TS. Phạm Ngọc Hồ, ThS. Vũ Văn Mạnh  
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG, Hà Nội

## 1. Mở đầu

Tuy ôzôn chỉ chiếm một phần rất nhỏ trong thành phần khí quyển (cứ 10 triệu phân tử khí mới có 3 phân tử ôzôn) và 90% ôzôn tập trung ở tầng bình lưu, nhưng nó lại là một thành phần khá quan trọng và mang nhiều nghịch lý nhất vì nó có thể được xem là có lợi hay có hại, tùy theo vị trí mà nó xuất hiện.

Phần lớn các công trình chỉ quan tâm đến sự suy giảm của tầng ôzôn bình lưu, vai trò của ôzôn bình lưu trong việc hấp thụ bức xạ cực tím, ảnh hưởng của bức xạ cực tím đối với các hệ sinh thái trên trái đất và thực hiện các giải pháp để bảo vệ tầng ôzôn bình lưu thì các nghiên cứu trong thời gian gần đây cho thấy lượng ôzôn tại tầng đối lưu gần mặt đất lại đang gia tăng ở mức báo động và cũng gây ra những thiệt hại không kém.

Ôzôn trong tầng đối lưu, nơi chúng ta đang sống và hít thở (còn gọi là ôzôn mặt đất) là một trong những chất gây ô nhiễm không khí có những ảnh hưởng trực tiếp tới sức khỏe con người, làm giảm năng suất mùa màng và gây tác động có hại cho các hệ sinh thái. Đối với con người, nếu nồng độ ôzôn gia tăng vượt quá nồng độ bình thường (0,2 phần triệu - ppm) thì môi trường khí bị xem là ô nhiễm và gây ra các tác hại cho sức khỏe con người như kích thích hệ hô hấp, mũi và họng bị tấy rát (ở nồng độ 0,3 ppm); mệt mỏi, bất hoải (ở nồng độ 1-3 ppm); gây tổn hại cho phổi (ở nồng độ 8 ppm)... Ngoài ra theo tính toán, nếu nồng độ ôzôn đối lưu tăng lên hai lần thì nhiệt độ bề mặt trái đất sẽ tăng lên 1°C. Hiện nay, các nghiên cứu về tác động tổng hợp của sự gia tăng nhiệt độ, CO<sub>2</sub> và nồng độ ôzôn trong tầng đối lưu ảnh hưởng đến các hệ sinh thái trên trái đất và sự thay đổi khí hậu toàn cầu vẫn đang được tiếp tục tiến hành nghiên cứu. Ở Việt Nam, vấn đề này hầu như được bỏ ngỏ, mới đang triển khai thử nghiệm nghiên cứu bước đầu.

Bài này trình bày các kết quả *Nghiên cứu bước đầu xu thế biến động của ôzôn đối lưu tại Hà Nội* nhằm góp phần bổ sung vào mảng số liệu và vấn đề nghiên cứu còn trống nói trên, làm tiền đề giúp cho các nhà quản lý có các biện pháp thích hợp trong chiến lược bảo vệ tầng ôzôn, đồng thời góp phần thiết thực vào việc thực hiện Chương trình Quốc gia về bảo vệ tầng ôzôn ở nước ta.

## 2. Đối tượng và khu vực nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là ôzôn đối lưu (hay còn gọi là ôzôn mặt đất) tại Hà Nội.

Khu vực nghiên cứu được chọn một cách có hệ thống bao gồm 7 địa điểm. Vị trí của các điểm lấy mẫu được chọn bằng việc sử dụng mạng lưới đối xứng cực với nguồn nằm ở trung tâm. Độ lệch cho phép đối với các vị trí đã chọn theo cách có hệ thống cũng được xác định. Trong các khu vực có địa hình phức tạp, vị trí các điểm lấy mẫu được xác định chủ yếu theo các điều kiện phát tán cục bộ. Trong các khu vực như vậy, một cuộc nghiên cứu với qui mô nhỏ đã được tiến hành trước khi lựa chọn lần cuối vị trí các điểm lấy mẫu.

Nói chung tại các điểm lấy mẫu, các điểm đo đặt cách mặt đất 3 mét, nhưng không nhất thiết cần áp dụng trong những khu vực có nhà cao tầng hoặc nơi mà nhiệm vụ khảo sát có qui định các mức cao khác. Khi tiến hành ở các khu vực có tỉ lệ phần trăm lớn các nhà cao tầng, có nhiều người sống ở những độ cao mà khi đo ô nhiễm không khí ở mức cao 3 mét không cho kết quả đại diện thì cần thiết sắp xếp để nơi lấy mẫu được đặt ở các độ cao khác nhau. Điều này đặc biệt quan trọng khi các nhà cao tầng như vậy ở gần kề các nguồn thải chính.

Vị trí cụ thể như sau:

- Khu công nghiệp Mai Động (gần Nhà máy chỉ khâu Hà nội. N.20.99505; E.105.86278),
- Khu công nghiệp Văn Điển (Nhà máy bột giặt NET. N.2094489; E.105.83172),
- Khu công nghiệp Pháp Vân (nhà dân gần Nhà máy trộn bê-tông. N.20.96131; E.105.84363),
- Khu công nghiệp Cầu Diễn (Trường cao đẳng Khí tượng Thủy văn. N.21.04512; E.105.76224),
- Khu công nghiệp Chèm (đường vào Xí nghiệp dệt kim Hà Nội. N. 21.06458; E.105.78732),
- Khu công nghiệp Đức Giang (Tổng công ty Xăng dầu Khu vực I. N.21. 06444; E.105. 89496),
- Khu công nghiệp Sài Đồng (đổi diện đường vào Nhà máy gạch. N. 21. 02999; E. 105. 91456).

Cơ sở để lựa chọn 7 vị trí nêu trên là dựa theo TCVN 5973 và ISO 9359-1998 về cách đặt vị trí quan trắc chất lượng môi trường không khí xung quanh trong một khu công nghiệp, một vùng hoạt động kinh tế xã hội... và dựa vào mạng quan trắc đã có từ năm 1995, cũng như những khu công nghiệp mới hình thành có những vấn đề về môi trường không khí đang được chú ý, kết hợp với việc tính toán định lượng về tính khả biến của các yếu tố môi trường không khí theo thời gian và không gian.

### 3. Nội dung nghiên cứu

- Bố trí thực nghiệm, đo đạc và phân tích một số yếu tố khí tượng.
- Bố trí thực nghiệm, đo đạc và phân tích ôzôn tại 7 địa điểm đặc trưng cho khu vực Hà Nội. Các đợt quan trắc này được tiến hành từ ngày 9÷13 tháng VIII và 8÷12 tháng XII năm 2001. Các trạm quan trắc được đặt tại các khu công nghiệp Mai Động, Văn Điển, Pháp Vân, Cầu Diễn, Chèm, Đức Giang và Sài Đồng. Việc quan trắc được thực hiện theo 4 ca trong các ngày đo mẫu (các ổp đo: 1h, 7h, 13h, 19h). Tổng cộng có 7 khu công nghiệp với tổng số mẫu thu được là:  $4 \text{ mẫu/ngày/trạm} \times 4,5 \text{ ngày} \times 7 \text{ trạm} \times 2 \text{ đợt} = 252 \text{ mẫu}$ .
- Tính toán các đặc trưng cấu trúc của ôzôn đối lưu (Phương sai, độ lệch chuẩn, hệ số biến động, hàm tương quan và hàm cấu trúc theo khoảng cách, hệ số tương quan,...); xây dựng biểu đồ cho các đặc trưng cấu trúc của ôzôn đối lưu ứng với mùa mưa và mùa khô trong năm.
- Xây dựng giản đồ đường đồng mức (đẳng trị) của ôzôn đối lưu theo hai mùa trong năm (mùa mưa và mùa khô) và biến trình ngày.

### 4. Phương pháp nghiên cứu

#### a. Cơ sở của phương pháp

- Dựa vào tiêu chuẩn Việt Nam 1995.
- Tham khảo bản *Quy định tạm thời về phương pháp quan trắc, phân tích môi trường và quản lý số liệu* của Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường - 1999.

#### b. Phân tích ôzôn bằng phương pháp iodua

- Nguyên lý

Dựa vào khả năng khử định lượng  $O_3$  về  $O_2$  của KI trong môi trường trung tính. Iốt tạo thành sẽ tác dụng với thuốc thử dimetyl-p-phenylendiamin cho phức màu hồng có cực đại hấp thụ ở 510 nm. Giới hạn xác định là  $0,001 \text{ mgO}_3$ .

- Thuốc thử: KI p.a. của Merck. Dung dịch  $I_2$  tiêu chuẩn pha trong KI 1%. Dimetyl-p-phenylendiamin (Merck). Dung dịch 200 ppm trong nước cất hai lần.

-Lấy mẫu: Mẫu không khí được sục qua dung dịch KI trung tính đựng trong bình hấp thụ bọc giấy đen. Tốc độ dòng khí là 1,0 lít/phút. Mẫu sau khi hấp thụ được đưa về phòng thí nghiệm phân tích ngay, hoặc bảo quản lạnh và tránh sự xâm nhập của ánh sáng mặt trời.

- Phân tích:

Đường chuẩn được xây dựng trên cơ sở dung dịch iốt chuẩn. Một mg  $I_2$  tương đương với 0,189 mg  $O_3$ .

Dung dịch sau hấp thụ cho tác dụng định lượng với thuốc thử dư. Sau khi màu ổn định, độ hấp thụ quang được đo ở bước sóng 510 nm. Hàm lượng  $O_3$  được tính theo đường chuẩn.

### *c. Tính toán các đặc trưng cấu trúc của ôzôn đối lưu bằng lập chương trình tính*

Các đặc trưng cấu trúc đặc trưng cho tính biến động của ôzôn mặt đất được tính toán tự động trên máy tính bằng các chương trình được các tác giả xây dựng. Các đặc trưng này được tính theo các công thức sau:

1. Giá trị trung bình:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

2. Phương sai:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2$$

3. Độ lệch chuẩn:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}$$

4. Hệ số biến động:

$$C_{vx} = \frac{\sigma_x}{\bar{X}}$$

5. Hàm tương quan:

$$R_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})(x_{i+k} - \bar{X})$$

6. Hệ số tương quan:

$$r_x = \frac{R_x(K\tau_1)}{\sigma_{x(i)} \cdot \sigma_{x(i+k)}}$$

7. Hàm cấu trúc:

$$B_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{i+k} - x_i)^2$$

Trong đó:

- $x_i$  - các giá trị của ôzôn mặt đất đo đạc được theo các ổp đo,
- $N$  - tổng các giá trị đo được,
- $K = 1, 2, \dots, 6$ .

### *d. Xây dựng giản đồ các đường đồng mức bằng hệ thống thông tin địa lý GIS*

Sử dụng phần mềm ArcView GIS với modul phân tích không gian (Spatial Analyst) để xây dựng các đường đồng mức, sau đó chuyển sang phần mềm Mapinfo để trình bày và in ấn. Bản đồ các đường đồng mức được xây dựng trên cơ sở nội suy các giá trị đo đạc được tại các địa điểm khảo sát bằng phương pháp nghịch đảo khoảng cách (Inverse Distance). Theo phương pháp này, giá trị  $Z$  cần tính tại điểm cần nội suy được tính theo công thức sau:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{(h_{ij} + \delta)^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{(h_{ij} + \delta)^\beta}}$$

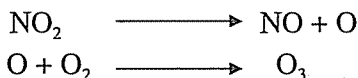
- Trong đó:
- $Z_i$  - các giá trị đo đạc được tại các địa điểm khảo sát,
  - $h_{ij}$  - khoảng cách giữa điểm cần nội suy với các điểm khảo sát,
  - $\beta$  - trọng số,
  - $\delta$  - hệ số làm trơn đường đồng mức.

## 5. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Kết quả khảo sát vào hai mùa mưa và mùa khô năm 2001 cho thấy giá trị của ôzôn đối lưu tại các khu công nghiệp của Hà Nội đều nhỏ, giá trị lớn nhất là 0,033 mg/m<sup>3</sup>, hiện nay chúng ta chưa có tiêu chuẩn về ôzôn đối lưu nhưng nếu so với tiêu chuẩn của Mỹ (0,235 mg/m<sup>3</sup>) thì giá trị này cũng nhỏ hơn rất nhiều. Điều này chứng tỏ ở Hà Nội chưa có dấu hiệu ô nhiễm của ôzôn đối lưu.

Về sự biến động của ôzôn đối lưu so sánh số liệu đo đạc được theo hai mùa cho thấy ôzôn đối lưu vào mùa mưa lớn hơn vào mùa khô. Nguyên nhân chính xác của sự gia tăng này vẫn còn chưa được xác định chắc chắn nhưng phần lớn nguyên nhân tập trung vào sự gia tăng nồng độ các ôxít của các khí nitơ và các hydrocarbon không chứa methan do sử dụng các nhiên liệu hoá thạch mà có theo phương trình:

*Bức xạ cực tím*



Khí thải từ các quá trình đốt cháy nhiên liệu hoàn toàn và không hoàn toàn của các phương tiện sử dụng động cơ đốt trong và khí thải của các nhà máy đang thải các khí thải ôxít nitơ và hydrocarbon vào khí quyển, đây được xem là những tác nhân của quá trình quang hoá tạo thành ôzôn ở tầng đối lưu. Số liệu giữa các ổp quan trắc cho thấy lượng ôzôn đối lưu gia tăng nhiều nhất vào các thời điểm 07h-19h trong ngày. Điều này càng khẳng định quan điểm về nguyên nhân tăng ôzôn đối lưu ở trên.

Bảng 1. Kết quả đo đạc và tính toán vào mùa mưa

| Địa điểm  | Giá trị TB (mg/m <sup>3</sup> ) | Độ lệch chuẩn | Hệ số biến động | Hàm tương quan | Hàm cấu trúc | Hệ số tương quan |
|-----------|---------------------------------|---------------|-----------------|----------------|--------------|------------------|
| Cầu Diễn  | 0,0146                          | 0,0022        | 0,153           | 0,0000038      | 0,0000000    | 0,75             |
| Chèm      | 0,0154                          | 0,0031        | 0,199           | 0,0000012      | 0,0000089    | 0,18             |
| Mai Động  | 0,0141                          | 0,0039        | 0,276           | 0,0000058      | 0,0000038    | 0,66             |
| Pháp Vân  | 0,0231                          | 0,0007        | 0,029           | -0,0000002     | 0,0000767    | -0,11            |
| Văn Điển  | 0,0123                          | 0,0028        | 0,228           | 0,0000047      | 0,0000059    | 0,74             |
| Sài Đồng  | 0,0182                          | 0,0021        | 0,113           | -0,0000009     | 0,0000215    | -0,21            |
| Đức Giang | 0,0234                          | 0,0103        | 0,438           | -0,0000081     | 0,0001765    | -0,35            |

Bảng 2. Kết quả đo đạc và tính toán vào mùa khô

| Địa điểm  | Giá trị TB (mg/m <sup>3</sup> ) | Độ lệch chuẩn | Hệ số biến động | Hàm tương quan | Hàm cấu trúc | Hệ số tương quan |
|-----------|---------------------------------|---------------|-----------------|----------------|--------------|------------------|
| Cầu Diễn  | 0,0058                          | 0,0043        | 0,733           | 0,0000136      | 0,0000000    | 0,75             |
| Chèm      | 0,0057                          | 0,0012        | 0,210           | -0,0000012     | 0,000017     | -0,24            |
| Mai Động  | 0,0095                          | 0,0005        | 0,057           | 0,0000014      | 0,000025     | 0,61             |
| Pháp Vân  | 0,0087                          | 0,0015        | 0,178           | 0,0000017      | 0,000020     | 0,26             |
| Văn Điển  | 0,0087                          | 0,0019        | 0,220           | 0,0000057      | 0,000013     | 0,70             |
| Sài Đồng  | 0,0085                          | 0,0005        | 0,054           | -0,0000008     | 0,000023     | -0,43            |
| Đức Giang | 0,0143                          | 0,0027        | 0,192           | 0,0000079      | 0,000075     | 0,67             |

Từ biểu đồ thu được (hình 1) cho thấy hệ số biến động của ôzôn đối lưu vào mùa khô (0,2349) lớn hơn vào mùa mưa (0,2051), điều này nói lên tính ổn định của hoàn lưu khí quyển đối lưu vào mùa khô ổn định hơn vào mùa mưa.

Độ lệch chuẩn của ôzôn đối lưu vào mùa mưa (0,0036) lớn hơn vào mùa khô (0,0018) chứng tỏ khả năng biến đổi (biên độ dao động) của ôzôn đối lưu vào mùa mưa lớn hơn, nói cách khác là tính nhiễu động ôzôn đối lưu vào mùa mưa lớn hơn vào mùa khô (hình 2).

So sánh giữa các địa điểm khảo sát cho thấy độ lệch chuẩn lớn nhất tại khu vực Đức Giang và nhỏ nhất là khu vực Sài Đồng.

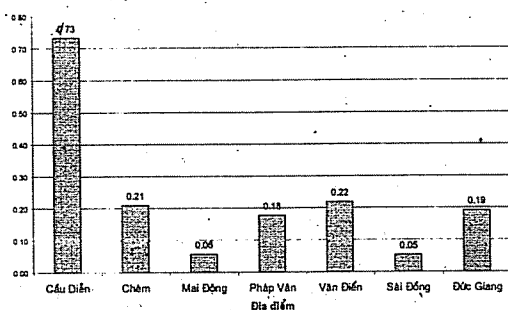
Các đồ thị của hàm cấu trúc không gian theo hai mùa trong năm 2001 (được xây dựng trên cơ sở lấy khu vực Cầu Diễn làm chuẩn tính toán) cho thấy ở khoảng cách 14 km thì hàm cấu trúc đạt cực đại, điều này cho biết tính khả biến ở khu vực đó là lớn nhất. Có thể sử dụng kết quả này vào việc thiết lập các mạng lưới điểm quan trắc môi trường không khí, đặc biệt là quan trắc ôzôn đối lưu trong những lần nghiên cứu tiếp theo (hình 4).

Hệ số tương quan được tính toán trên cơ sở tính toán giá trị của hàm tương quan không gian giữa các địa điểm khảo sát cho thấy hệ số tương quan của ôzôn đối lưu không lớn, cao nhất là tại các khu vực Mai Động, Pháp Vân, Văn Điển, Cầu Diễn, tuy nhiên, không có giá trị nào vượt quá 0,75. Điều này cho thấy mối liên hệ thống kê theo không gian của ôzôn mặt đất giữa các khu vực khảo sát chỉ đạt mức trung bình (hình 3).

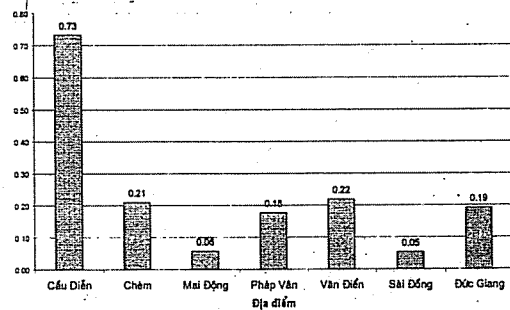
Các giản đồ đường đồng mức của ôzôn đối lưu được xây dựng trên cơ sở số liệu trung bình trong từng mùa và theo các ốp quan trắc. Các giản đồ đường đồng mức này cho thấy sự phân bố tổng quát của ôzôn đối lưu trên toàn bộ khu vực nghiên cứu.

Trong thời gian nghiên cứu, vào mùa mưa, hướng gió chủ đạo tại các khu vực là hướng nam và đông nam còn vào mùa khô là hướng bắc, tây bắc, các hướng gió này có ảnh hưởng rất rõ rệt tới sự phân bố của ôzôn đối lưu được thể hiện trên các giản đồ (hình 5).

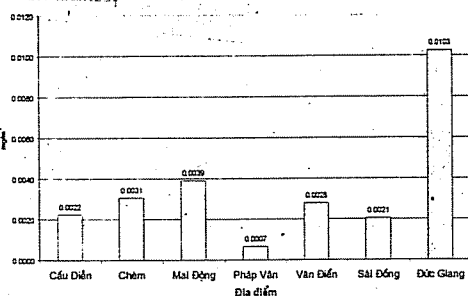
Hình 1a. Hệ số biến động của ôzôn mặt đất vào mùa khô



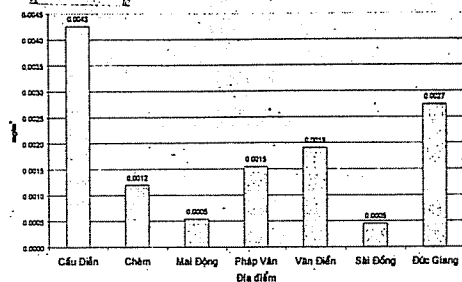
Hình 1b. Hệ số biến động của ôzôn mặt đất vào mùa mưa



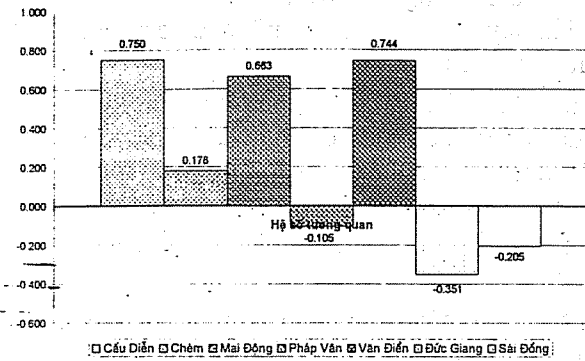
Hình 2a. Độ lệch chuẩn của ôzôn mặt đất vào mùa mưa



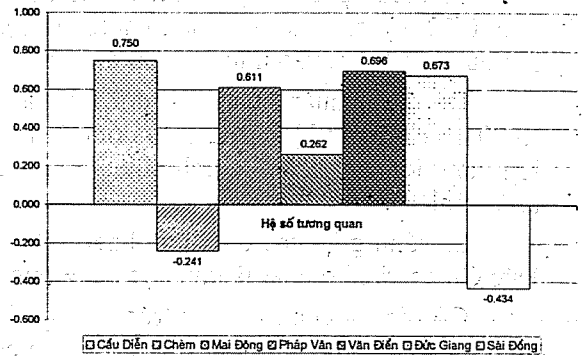
Hình 2b. Độ lệch chuẩn của ôzôn mặt đất vào mùa khô



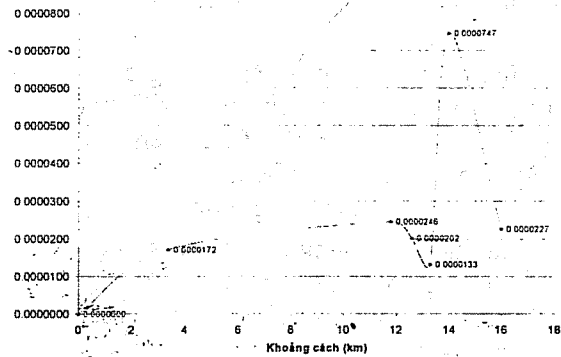
Hình 3a. Hệ số tương quan của ôzôn mặt đất vào mùa mưa



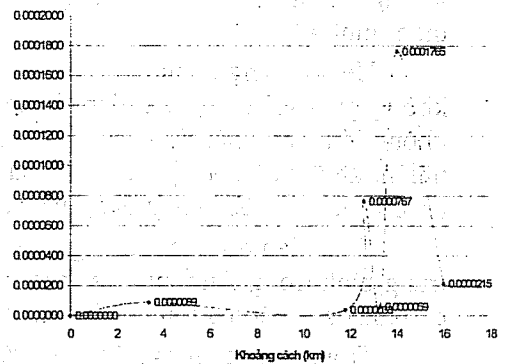
Hình 3b. Hệ số tương quan của ôzôn mặt đất vào mùa khô



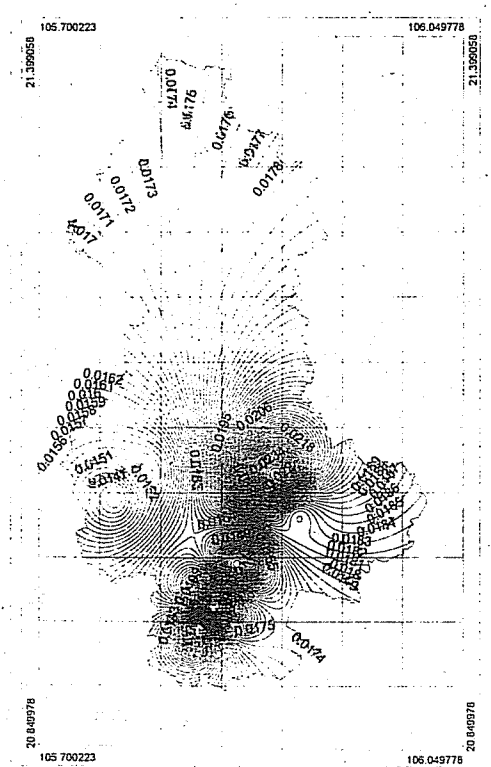
Hình 4a. Hàm cấu trúc của ôzôn mặt đất theo khoảng cách vào mùa mưa



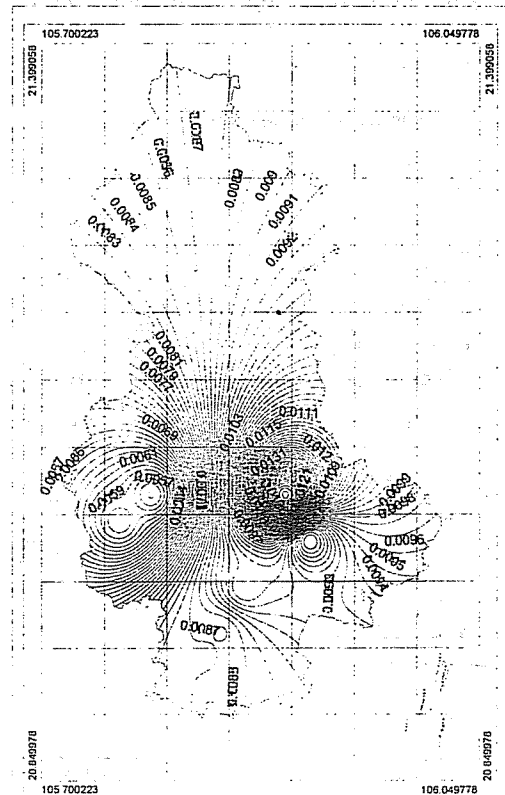
Hình 4b. Hàm cấu trúc của ôzôn mặt đất theo khoảng cách vào mùa khô



Hình 5a. Ôzôn đối lưu trung bình mùa mưa



Hình 5b. Ôzôn đối lưu trung bình mùa khô



Các kết quả nghiên cứu trên cho thấy ôzôn đối lưu tại Hà Nội vẫn ở mức an toàn, chưa có dấu hiệu ô nhiễm ôzôn đối lưu. Các giá trị kết quả đã được sử dụng trong thực hiện đề tài: ***"Nghiên cứu hiệu chỉnh và tham số hoá mô hình dự báo sự lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí trên cơ sở số liệu của các trạm quan trắc và phân tích chất lượng không khí cố định tự động tại Hà Nội"***.

Tuy nhiên, trong giai đoạn phát triển công nghiệp hoá, hiện đại hoá hiện nay, chúng ta cần tiếp tục thực hiện một số hoạt động sau:

- Đánh giá thống kê về ôzôn khí quyển, cả ôzôn đối lưu lẫn ôzôn bình lưu trên cơ sở các số liệu quan trắc từ các trạm mặt đất kết hợp cùng với các số liệu khí tượng thuỷ văn, tình hình và đặc điểm thời tiết khu vực để có thể chủ động kiểm soát chất lượng môi trường không khí.
- Mở rộng phạm vi nghiên cứu cho các khu vực khác, đặc biệt là tại một số khu công nghiệp lớn trong nước.
- Thực hiện các biện pháp quản lý và bảo vệ môi trường, hạn chế và tiến tới loại bỏ các chất nguy hại gây ảnh hưởng tới ôzôn ở cả hai tầng đối lưu và bình lưu, góp phần thực hiện có hiệu quả Chương trình Quốc gia về bảo vệ tầng ôzôn.
- Tăng cường và hoàn thiện mạng lưới quan trắc và phân tích ôzôn bằng các phương pháp mới hiện đang được áp dụng trên thế giới.
- Hình thành hệ thống cơ sở dữ liệu ôzôn quốc gia, đồng thời sớm áp dụng chương trình xã hội hoá thông tin, dữ liệu môi trường, tạo điều kiện cho cộng đồng tham gia bảo vệ môi trường góp phần thực hiện chiến lược bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

#### **Tài liệu tham khảo**

1. Phạm Ngọc Hồ. Nghiên cứu đặc trưng cấu trúc của tầng ôzôn khí quyển ở Hà Nội. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ B91-05-42, 1993.
2. Phạm Ngọc Hồ. Mô hình tính toán đặc trưng cấu trúc của tầng ôzôn khí quyển theo sự suy giảm của cường độ phổ bức xạ mặt trời. Thông báo khoa học các trường Đại học, số 2, 1992.
3. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh và nnk: Nghiên cứu hiệu chỉnh và tham số hoá mô hình dự báo sự lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí trên cơ sở số liệu của các trạm quan trắc và phân tích chất lượng không khí cố định tự động tại Hà Nội, Sở KHCN&MT Hà Nội, 2001.
4. Trần Duy Sơn, Lê Đình Vinh. Kết quả quan trắc ôzôn khí quyển ở Việt Nam, Tập san Khoa học Kỹ thuật Khí tượng Thuỷ văn, Tổng cục Khí tượng Thuỷ văn, số 8 (440), tr. 22-24. 1997.
5. Nguyễn Văn Thắng, Phạm Ngọc Hồ, Nguyễn Thị Bích Hợp. Đánh giá về sự biến đổi tổng lượng ôzôn trong thời gian hoạt động của gió mùa mùa Hè khu vực Đông Nam Á và Việt Nam, Tổng cục Khí tượng Thuỷ văn, Hà Nội 1995
6. Đào Đức Tuấn, Nguyễn Đức Ngũ. Việt Nam với vấn đề bảo vệ tầng ôzôn, Tập san Khoa học Kỹ thuật Khí tượng Thuỷ văn, Tổng cục Khí tượng Thuỷ văn, số 8 (440), tr. 1-5, 1997

7. Nguyễn Văn Thắng, Lê Đình Vinh. Vấn đề nghiên cứu và bảo vệ tầng ôzôn khí quyển, Tạp san Khoa học Kỹ thuật Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, số 9 (453), tr. 6-13, 1998.
8. Văn phòng Ôzôn: Hoạt động của chương trình quốc gia của Việt Nam về bảo vệ tầng ôzôn, Thông tin ôzôn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn-Văn phòng Ôzôn, số 3, 1998.
9. Ashmore, M.R. & Bell, J.N.B. The role of ozone in global change, Annals of Botany. 67 (suppl. 1), p.39-48, 1991.
10. David D. Kemp. Global Environmental Issues (A climatological approach). Second edition, Routledge Publisher, p.122-143, 1994.
11. Environmental Science & Technology, Vol.35, No.5, 2001.
12. John L. Seitz. Global issues: An introduction, Blackwell Publishers, p.146-148, 1995.
13. Gribbin J. The hole in the sky (revised editon), New York: Bantam, 1993.
14. 14.Peter D. Moore, Bill Chaloner, Philip Stott. Global Environmental Change, Blackwell Science Publisher, p.120-135, 1996.
15. Scientific Review presented by The World Climate Research program: Global climate Change, January 1990, p.3-4, 1994.